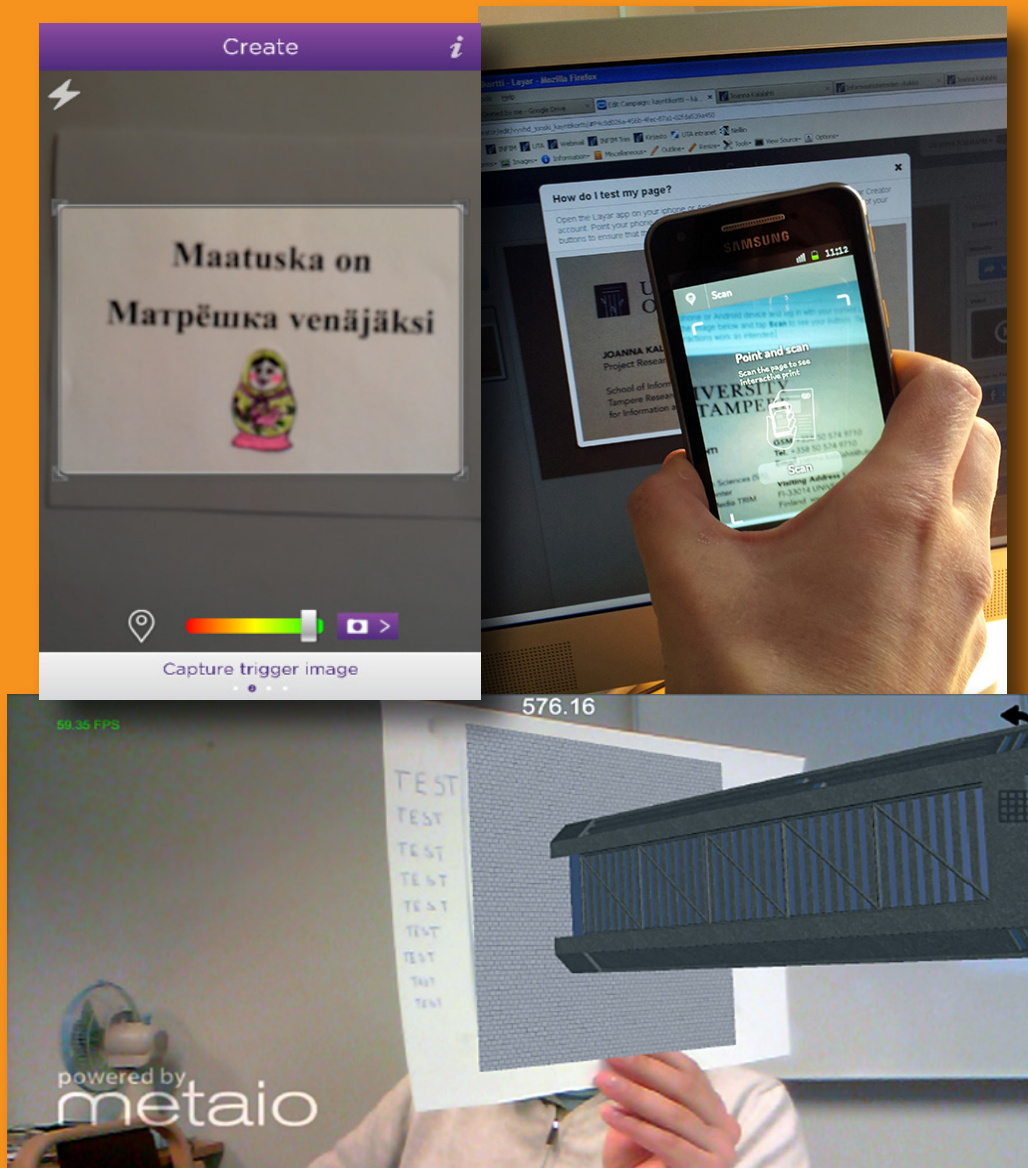


LISÄTYN TODELLISUUDEN TUOTANTOVÄLINEIDEN VERTAILU



Joanna Kalalahti ja Mikko Liukkonen

**Kolmiulotteiset ja mobiilit
oppimis- ja osallistumisympäristöt**
AVO2 / 3DM-osahankkeen julkaisuja

3DM

Lisätyn todellisuuden tuotantovälineiden vertailu

Joanna Kalalahti & Mikko Liukkonen

Julkaisija: Tampereen yliopiston informaatiotieteiden yksikkö SIS, TRIM-tutkimuskeskus
Kansi: Leena Koskimäki
Taitto: Joanna Kalalahti

Tämä teos on julkaistu sekä CC-BY-SA -lisenssin versiolla 3.0. Teoksen jatkokäyttö on sallittu lisenssin ehtojen mukaisesti. Tiivistäen: Saat kopioida, jakaa, muokata ja jaella muokkaamiasi versioita kunhan noudatat lisenssin ehtoja. Muokkaamasi teos on lisensoitava samalla lisenssillä. Muokatuissa teoksissa on mainittava käytetty lisenssi ja oltava hyperlinkki lisenssitekstiin tai koko lisenssiteksti. Alkuperäisen teoksen lähde on ilmoitettava ja siihen liittyvät tekijänoikeusmerkinnät on säilytettävä.

Yksityiskohtaisempaa lisätietoa saat täydellisestä lisenssitekstistä:
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>

Tampereen yliopisto 2014
ISBN: 978-951-44-9382-9 (verkkojulkaisu, pdf)

Sisällys

Lukijalle	i
1. Mitä lisätty todellisuus on?	1
2. Lisätyn todellisuuden kehitys-alustojen tutkimus	3
2.1 Tutkitut kehitysalustat	3
2.2 Tutkittavat ominaisuudet ja tutkimusjärjestelyt	5
2.3 Seurannan alkamisen nopeus- ja vakaussmittaukset	6
2.3.1 Mittausjärjestelyt	6
2.3.2 Tulokset	6
2.4 Etäisyysmittaukset	7
2.4.1 Mittausjärjestelyt	7
2.4.2 Tulokset	8
2.5 Seurannan toimiminen osittain peitettyllä referenssikuvalla	8
2.5.1 Mittausjärjestelyt	8
2.5.2 Tulokset	9
2.6 Tarkkuus- ja vakaussmittaukset	9
2.6.1 Mittausjärjestelyt	9
2.6.2 Tulokset	10
2.7 Seurannan suorituskykyymittaukset	11
2.7.1 Mittausjärjestelyt	11
2.7.2 Tulokset	12
2.8 Johtopäätökset	12
2.9 Yhteenveto	12
3. Lisätyn todellisuuden helposta sisällöntuotannosta	15
3.1 AR-selainten sisällöntuotanto-osien helppokäyttöisyys ja sen arviointi	16
3.2 Vertailun toteuttamisen periaatteet	19
3.3 Vertailuun valitut sisällöntuotanto-osat	20
3.4 Vertailu ja sen tulokset	22
3.4.1 AR-selaimen monipuolisuus	23
3.4.2 Laitevaatimukset	23
3.4.3 Sisällöntuotanto-osan käytön aloittamisen helppous	23
3.4.4 Sisällöntuotanto-osan helppokäyttöisyys	26
3.4.5 Sisällöntuotanto-osan toimivuus	28
3.4.6 Luotujen sisältöjen julkaisun helppous	29
3.4.7 Sisällöntuotannon nopeus	31
3.5 Johtopäätökset	31
3.6 Yhteenveto	32
Lähteet	35
Liite 1. Seurannan alkamisen nopeus ja vakaus	
Liite 2. Maksimi- ja minimietäisyydet seurannalle ja sen alkamiselle	
Liite 3. Seurannassa ja sen aloittamisessa vaadittu näkyvä alue referenssikuvassa	
Liite 4. Maksimikulmat joissa seuranta toimii	

Liite 5. Koekäyttäjiltä saadut arvo-sanat kehitysalustojen ominaisuuksille

Liite 6. Suorituskykymittaukset

Liite 7. Resoluutiovertailu

Liite 8. Suosituimmat AR-selaimet

Liite 9. AR-selainten sanallinen arviointi

Liite 10. AR-selainten numeroarviointi

Liite 11. Sanasto

Lukijalle

Tampereen yliopiston informaatiotieteiden yksikkö sekä Koulutuskeskus Salpauksen kehitysyhtiö AduSal Oy ovat paneutuneet vuosina 2012–2013 *Avoimuudesta voimaa oppimisverkostoihin (AVO2)* -hankkeessa lisättyyn todellisuuteen ja sen hyödyntämiseen mm. oppimisen tukena. Jotta lisätyn todellisuuden sovelluksia voidaan tuottaa, tarvitaan jokin tuotantoväline — sovelluskehitysalusta tai helppokäyttöinen tuotantotyökalu. Valinta riippuu pitkälti tuotettavien sisältöjen asettamista vaatimuksista ja sisältöjen toteuttajan osaamisesta, lisäksi myös taloudelliset seikat ovat monesti tärkeässä roolissa valintaa tehtäessä.

Lisätty todellisuus ei ole vielä Suomessa lyönyt läpi siinä määrin, että aihealueesta kiinnostunut löytäisi kovin helposti apua tuotantovälineen valintaan. Tämän julkaisun tarkoitus onkin siksi tarjota apua valintaa tekeväälle.

Julkaisu koostuu aihealueen johdantoluvun lisäksi kahdesta erillisestä pääluvusta, jotka on kirjoitettu hieman eri näkökulmasta ja eri kohderyhmille.

Mikko Liukkosen (AduSal Oy) kirjoittama luku 2. *Lisätyn todellisuuden kehitysalustojen tutkimus* pohjautuu hänen tekemäänsä lisätyn todellisuuden tutkimukseen, joka oli osa AVO2-hanketta. Kohderyhmänä ovat teknisesti orientoituneet lisätyn todellisuuden kehittäjät. Artikkelit tarjoaa tietoa erityisesti tuotantovälineen teknisen toimivuuden näkökulmasta. Tarkastelu koskee tuotettavan lisätyn todellisuuden sovelluksen toimivuuden tarkkuutta markkerin tunnistamisen ja augmentoitavan sisällön kohdentamisen osalta.

Joanna Kalalahden (Tampereen yliopisto) kirjoittama luku 3. *Lisätyn todellisuuden helpposta sisällöntuotannosta* on suunnattu ei-tekniselle kohderyhmälle, jolle tuotantovälineen valinnassa olennaista on helppokäyttöisyys. Esimerkkikohderyhmänä on käytetty peruskoulun luokanopettajia. Teksti pohjautuu Tampereen teknillisen yliopiston opintojakson *Tietotekniikan erityiskysymyksiä (TIE-11200)* harjoitustyöhön (marraskuu 2013), jonka ohjaajana toimi professori Mikko Tiisanen. Erityiskiitos hänelle erinomaisesta ohjauksesta ja kommentteista!

Tampereella / Lahdessa tammikuussa 2014

Joanna Kalalahti ja Mikko Liukkonen

1. Mitä lisätty todellisuus on?

Lisätty todellisuus (Augmented Reality, AR) on teknologia, jolla tietokoneella tuotettua sisältöä lisätään reaaliaikaiseen näkymään ympäristöstä. Näkymä ympäristöön on usein epäsuora, jolloin ympäristöä katsotaan erillisen näyttölaitteen kautta, mutta olemassa on myös ratkaisuja, joissa tietokoneella tuotettu sisältö lisätään suoraan ympäristöön esimerkiksi projektorin avulla tai heijastetaan silmälasien tai jopa piilolinssien pintaan.



Kuva 1. Esimerkkikuva lisätyn todellisuuden paikkatietosovelluksesta (Wikitude), jossa virtuaalista lisätietoa on lisätty laitteen kameranäkymässä näkyvän palsamipoppelin (ja kauempaa löytyvän katajan) päälle.

Lisätty todellisuus eroaa erikoistehosteista siinä, että lisätty todellisuus tapahtuu reaaliajassa, kun puolestaan erikoistehosteet lisätään aikaisemmin nauhoitettuun materiaaliin jälkikäteen. Lisättyä todellisuutta on pitkään käytetty esimerkiksi urheilulähetyksissä, kuten mäkihypyssä näyttämään pisimmän hypyn merkkiviivaa tai vastaavasti keihäänheitossa.

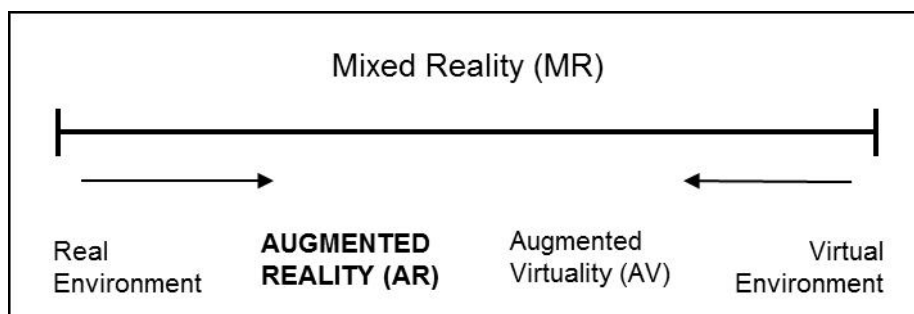
Vasta viime vuosina tietokoneiden prosessointitehon kasvun, älypuhelinien yleistymisen ja niihin kehitettyjen AR-selainsovellusten myötä AR on lyönyt itsensä läpi ja tullut kenen tahansa saataville ja yleiseen käyttöön ympäri maailmaa. Kuitenkaan teknologiana lisätty todellisuus ei ole mitään uutta — sen historian voidaan nähdä alkaneen jo 1950–60-luvulla, ja taustalla olevien ideoiden voidaan nähdä syntyneen jo 1900-luvun alussa (Carmigniani & Furht 2011, 4; Wagner 2013).

Yksi tunnetuimpia lisätyn todellisuuden määritelmiä on Ronald Azuman määritelmä (Azuma 1997, 356), jonka mukaan ollakseen AR:a tulee sovelluksen täyttää kolme kriteeriä:

1. Yhdistää reaali- ja virtuaalimaailma
2. Mahdollistaa reaaliaikainen vuorovaikutus
3. Augmentoitavien objektien tulee olla kolmiulotteisesti tarkkaan kohdennettuja

Kyseinen määritelmä on varsin tiukka ja toki tarpeellinenkin mm. teknologiaa kehitettäessä ja tutkimuksessa. Tiukemman määritelmän vaatimusten täyttäminen, kuten reaaliaikainen vuorovaikutus augmentoitujen objektien kanssa ei ole kuitenkaan aina keskeisintä, vaan esimerkiksi mahdollisuus havaita jotakin, joka ei olisi paljain silmin suoraan havaittavissa. Myös Azuman määritelmään sisältyy ajatus augmentoitavien objektien 3-ulotteisuudesta, vaikka monesti kaksiulotteisten objektien rekisteröinti 3-ulotteisessa avaruudessa suhteessa muihin objekteihin saattaa olla riittävä vaatimus (Bowman et al 2005, 389). Specht et al (2011, 117) ovat esittäneet hieman väljemmän määritelmän lisätylle todellisuudelle. Heidän mukaansa lisätty todellisuus on järjestelmä, joka tehostaa näkö-, kuulo- tai tuntoaistin toimintaa tekemällä näkyväksi virtuaalista tai luonnollisesti näkymätöntä informaatiota digitaalisin keinoin. Myös AR-opetussovellusten kehittämisen parissa työskennelleet Eric Klopfer ja Kurt Squire määrittelevät AR:n väljemmin tilanteena, jossa reaaliympäristön kontekstiin on tuotu dynaamisesti koherenttia paikka- tai kontekstisidonnaista virtuaalista informaatiota (Klopfer & Squire 2008). Teorian ja käytännön tai fyysisen ja virtuaalisen yhdistäminen uudella tavalla tekevät AR:sta kiinnostavan teknologian opetuksen ja oppimisen näkökulmasta.

Fyysisen ja virtuaalisen liukuvarajaista suhdetta kuvaa myös Milgramin ja Kishinon kuuluisa jatkumo (Milgram & Kishino 1994) (kuva 2). Se osoittaa myös, miten rajat AR:n ja sen lähiteknologioiden välillä saattavat olla häilyviä.



Kuva 2. Virtuality continuum (Milgram & Kishino 1994).

Lisätty eli augmentoitu tieto sidotaan ympäristöön yleensä käyttäen apuna kiihtyvyysantureita, gyroskooppia ja magnetometriä, GPS-sijaintia tai kuvatunnistusta. Harvinaisempia tapoja on sitoa tieto ympäristöön luotuihin magneettikenttiin ja ääneen perustuvat tekniikat. Tiedon sitomista ympäristöön kutsutaan seurannaksi (tracking).

2. Lisätyn todellisuuden kehitysalustojen tutkimus

Tässä luvussa kuvataan tutkimus, jossa perehdytään perehdyttiin lisätyn todellisuuden kehitysalustoihin sekä tutkittiin niiden ominaisuuksia ja suorituskykyä. Tulokset antavat teknisesti orientoituneille lisätyn todellisuuden kehittäjille perustietoja lisätyn todellisuuden kehitysalustan valintaa varten.

Tutkimuksessa keskityttiin kuvan analysointia käyttäviin kehitysalustoihin, joissa videokuvasta lasketaan ennalta määritetyn kuvan tai esineen sijainti ja asento kolmiulotteisessa avaruudessa. Tällöin puhutaan tiukempien määritelmien kriteerit täyttävästä lisätystä todellisuudesta.

Kehitysalustoista lopullista tutkimusta varten valittiin **Metaio SDK**, **In2AR** ja **Vuforia**. Nämä alustat täyttivät tutkimukseen valittujen sovellusten valintakriteerit. Tutkimuksessa päädyttiin siihen tulokseen, että Vuforia oli parempi kuin kilpailijansa, koska se pärjasi kaikissa kokeissa kilpailijoitaan paremmin ja oli testiryhmän mielestä toiminnaltaan erinomainen.

2.1 Tutkitut kehitysalustat

Tutkittavien kehitysalustojen valintakriteereinä olivat seuraavat ominaisuudet:

- Tuki kuvaseurannalle
- Alustariippumattomuus (sovelluksen tulee tukea vähintään yleisimpiä mobiilialustoja eli Android ja iOS)
- Saatavuus (kaikkien saatavilla suhteellisen vaivattomasti)
- Yleisyys (paljon käytetty sovellus takaa yleensä toiminnan jatkuvuuden)
- Edullisuus (maksuton myös kaupallisessa käytössä)

Tärkeitä ominaisuuksia kehittäjälle ovat alustatuki, lisäosayhteensopivuus sekä hinnoittelu. Edellisten asioiden lisäksi kehitysalustalta vaadittiin, että se tukee Unity 3D -ympäristöä. Unity 3D on hyvin rajoittamaton pelien kehitysympäristö, joka soveltuu kaikenlaisten 3D-sovelluksien luontiin. Unity 3D vastasi testisovelluksessa grafiikka- ja fysiikkamootorista sekä toimi ohjelmointirajapintana lisätyn todellisuuden alustoille. Tuki Unity 3D -ympäristölle vaadittiin siksi, että testeistä saataisiin homogeenisempiä, kun tuloksiin eivät vaikuttaisi käytetty ohjelmointikieli ja grafiikkamoottori.

Tutkittaviksi alustoiksi valittiin Vuforia, Metaio SDK ja In2AR. Vuforia on Qualcommin tarjoama ilmainen kehitysalusta, joka on laajasti käytetty (Vuforia 2014). Metaio SDK on Metaio-yrityksen kehittämä maksuton lisätyn todellisuuden

kehitysalusta, joka on ominaisuuksiltaan kattava ja laajasti käytetty (Metaio 2013). In2AR on edellisiä vaatimattomampi niin ominaisuuksiltaan kuin käyttäjämääriltään, mutta myös sitä on mahdollista käyttää ilmaiseksi (In2AR 2014).

Tutkimukseen valittuja kehitysalustoja ja niiden teknisiä ominaisuuksia on esitelty taulukossa 1. Taulukon jälkeen on esitelty taulukon lukemisen helpottamiseksi siinä käytettyä terminologiaa.

Ohjelmisto/kirjasto	IN2AR	Metaio	Vuforia
Alustatuki			
iOS	X	X	X
Android	X	X	X
Windows Mobile	-		-
Web	X (flash,unity3D)	X	-
Windows, OS X, Linux	PC/Mac	X,X,-	-
Ominaisuudet			
GPS	-	X	-
IMU anturit	-	X	-
Merkkiseuranta	-	X	X
Kuvaseuranta	X	X	X
Kasvojenseuranta	-	X	-
Pilvitunnistus	-	X	X
Pilvisisältö	-	X	- ? metadata
Riittävä ohjelmakehys	-	X	-
Graafinen kehitysalusta	-	X	-
Lisäosayhteensopiisuus			
Unity (3D)	X	X	X
PhoneGap	-	-	-
Appcelerator	-	-	-
Lisenssi			
Tyyppi	Ilmainen sekä kaupallinen	Ilmainen sekä kaupallinen	Ilmainen
Kommentteja			
Yleisiä merkintöjä		SLAM	Studierstube Tracker taustalla

Taulukko 1. Vertailtavat lisätyn todellisuuden kehitysalustat. Taulukko pohjautuu Socialcompare-palvelussa olevaan yleisön luomaan vertailuun *Augmented Reality SDK Comparison* (<http://socialcompare.com/en/comparison/augmented-reality-sdks>).

Taulukossa käytetty terminologia:

Alustatuki	Käyttöjärjestelmät, joilla kehitysalustan sovellukset toimivat
GPS	Global Positioning System, satelliitteihin perustuva paikannusjärjestelmä, joka on yleisesti käytössä navigoinnissa.
Graafinen kehitysalusta	Graafisella kehitysalustalla tarkoitetaan kehitysympäristöä, jossa kehittäjä näkee visuaalisesti mitä on tekemässä kuten HTML-kehittämisessä tutuissa WYSIWYG-editoreissa.
IMU-anturi	Inertiamittausyksikkö (engl. Inertial Measurement Unit). Kiihtyvyyden, asennon sekä magneettisen suunnan mittaava anturi. Yhdistää siis magnetometrin, kiihtyvyyssanturin sekä gyroskoopin.
Lisäosayhteensopivuus	Onko kehitysalusta yhteensopiva jonkun kolmannen osapuolen kehitysympäristön kanssa, kuten esimerkiksi Unity 3D:n.
Merkkiseuranta	Seurantakuvana toimii tähän tarkoitukseen luoto erikoiskuvio, vrt. QR-koodi
Kuvaseuranta	Seurantakuvana toimii tavallinen kuva
Pilvitunnistus	Seurantakuvan tunnistamisen hoitaa pilvipalvelu. Laitteen vaadittu laskentakapasiteetti tippuu huomattavasti kun käytössä on suuri määrä kuvia.
Pilvisisältö	Sovelluksen sisältö on mahdollista tallentaa pilveen sekä järjestelmästä löytyy valmis tuki tälle.
Riittävä ohjelmistokehys	Sisältää vaaditut kirjastot, jotta alustalla voidaan tuottaa lisätyn todellisuuden sovelluksia ilman että kehittäjä hakee muita kolmannen osapuolen kirjastoja, kuten grafiikkamoottorin.
?	Kysymysmerkki kuvastaa sitä että ominaisuudelle ei löydetty vahvistusta.

2.2 Tutkittavat ominaisuudet ja tutkimusjärjestelyt

Tutkimuksessa keskitytään tutkimaan kuvan seurannan toimintaa. Tutkittaviksi valittiin seuraavat ominaisuudet, joilla on tärkeä rooli kun puhutaan immersiiivisestä ja hyvin toimivasta lisätystä todellisuudesta:

- Seurannan alkamisen nopeus ja varmuus
- Maksimi- sekä minimietäisyydet seurannalle ja sen alkamiselle
- Seurannan toimiminen osittain peitetyllä referenssikuvalla
- Tarkkuus ja vakaus
- Suorituskyky

Tutkimuksessa käytetyt lisätyn todellisuuden sovellukset ja referenssikuva löytyvät seuraavista osoitteista:

- Sovellusten asennustiedostot: <http://files.adusal.fi/avo2/bin>
- Käytetty referenssikuva: <http://files.adusal.fi/avo2/tracker.jpg>

Huomioitavaa on että In2AR-kehitysalustalla tehty sovellus toimii kerralla vain 90 sekuntia.

Tutkimuksessa käytettiin koelaitteena Samsung Galaxy Tab -tablettia¹. Käytetty kameran tarkkuus sovelluksissa oli 640 x 480 pikseliä. Referenssikuvana oli paljon selviä kontrastieroja sisältävä internetistä ladattu kuva maassa olevista lehdistä. Referenssikuvaa käytettiin 20 cm x 10 cm kokoisena tulosteena sekä esitettynä 27-tuumaiselta Full HD -näytöltä (kuvan tarkkuus oli 1024 x 768 pikseliä). Mittauksissa käytetyn tilan valoisuus oli hyvä.

2.3 Seurannan alkamisen nopeus- ja vakausmittaukset

Seurannan alkamisen nopeudella ja varmuudella tarkoitetaan sitä, kuinka nopeasti ja varmasti ohjelmisto alkaa seuramaan referenssikuvaa, kun se tulee kameran näkökenttään. Hyvän lisätyn todellisuuden elämyksen kannalta on tärkeää, että seuranta alkaa vaivatta eli nopeasti ja välittämättä referenssikuvan katselukulmasta.

2.3.1 Mittausjärjestelyt

Koelaite oli koko mittauksen ajan 50 cm päässä tietokoneen näytöstä kiinnitettynä pöytään. Se oli lisäksi sijoitettu keskelle kuvaa kohtisuoraan näyttöä vasten. Mittaus toteutettiin seuraavasti:

1. Testilaitte kuvaa tietokoneen näyttöä, jossa näytetään referenssikuva.
2. Videokamera kuvaa tietokoneen näyttö ja testilaitteen näyttöä.
3. Videokameran tallenteesta lasketaan piirrettyjen kuvien (frame) määrä, joka kului siihen että testilaitteen näytölle ilmestyi ainakin osa augmentoitavasta kappaleesta. Laskenta aloitettiin framesta, jossa koko seurattava kuva oli ilmestynyt näytölle.
4. Referenssikuvaa pyöritettiin kulmiin 45, 60, 90 ja 180 astetta. Edellä kuvattu testi toistettiin kullekin kulmalle.
5. Tietokoneen näyttöä käännettiin siten, että referenssikuva näkyisi laitteelle käännettynä pystyakselinsa ympäri 30, 45 ja 60 astetta.
6. Tietokoneen näyttöä käännettiin siten, että referenssikuva näkyisi laitteelle käännettynä vaaka-akselinsa ympäri 30, 45 ja 60 astetta.

2.3.2 Tulokset

Jokainen mittaus tehtiin kymmeneen kertaan, ja saatu tulos on mittauksen keskiarvo. Tuloksista on havaittavissa, että erot kokeessa olivat hyvin vähäiset, mutta Vuforia oli hieman kilpailijoitaan vahvempi. Alkuperäiset tulokset ja virhearvio löytyvät liitteestä 1.

¹ <http://www.samsung.com/ph/consumer/mobile-devices/tablets/tablets/GT-P7300UWAXTC-spec>

kuva pyöritetty	In2AR	Metaio	Vuforia
0 astetta (+/- 22 ms)	273ms	387ms	197ms
45 astetta	100%	100%	100%
90 astetta	100%	100%	100%
180 astetta	100%	100%	100%
kuva kallistettu vaaka- akselin ympäri			
30 astetta	100%	100%	100%
45 astetta	100%	100%	100%
60 astetta	0%	100%	90%
Max (+/- 5 astetta)	50 astetta	70 astetta	60/70 astetta*
kuva kallistettu pysty akselin ympäri			
30 astetta	100%	100%	100%
45 astetta	100%	100%	100%
60 astetta	0%	100%	100%
Max (+/- 5 astetta)	50 astetta	70 astetta	65/75 astetta*

* Vuforia pystyi tunnistamaan kuvat uudestaan suuremmista kulsista, kun tunnistaminen tapahtui seuraamisen loputtua.

Taulukko 2. Seurannan alkamisen nopeus ja vakaus.

2.4 Etäisyysmittaukset

Etäisyysmittauksissa oli tarkoitus saada selville eri etäisyydet, joista seuranta alkaa ja joilla seuranta toimii. Tämä on hyvin tärkeä tieto kartoitettaessa sovellusten mahdollisia käyttökohteita.

2.4.1 Mittausjärjestelyt

Referenssikuva (20 cm x 10 cm) asetettiin seinälle noin yhden metrin korkeuteen ja testilaite kiinnitettiin kameran telineeseen. Tämän jälkeen tutkittiin seuraavia asioita:

1. Kuinka läheltä seuranta alkaa: Viedään laite kuvaan kiinni, ja sen jälkeen viedään laite hitaasti kohtisuorassa kauemmas siihen asti, että augmentoitava objekti ilmestyy näytölle.
2. Kuinka kaukaa seuranta alkaa: Viedään laite kauas kuvasta (5 metriä), ja sen jälkeen viedään laite hitaasti kohtisuorassa lähemmäs kuvaa siihen asti, että augmentoitava objekti ilmestyy näytölle.
3. Kuinka kauas seuranta yltää: Aloitetaan seuranta 50 cm etäisyydeltä kuvasta, ja sen jälkeen viedään laite kauemmas siihen asti, että augmentoitava objekti häviää näytöltä tai menettää asentonsa täydellisesti.
4. Kuinka lähelle seuranta pääsee: Aloitetaan seuranta 50 cm etäisyydeltä kuvasta, ja sen jälkeen viedään laitetta lähemmäs kuvaa siihen asti, että augmentoitava objekti häviää näytöltä tai menettää asentonsa täydellisesti.

2.4.2 Tulokset

Jokainen mittaus tehtiin kymmeneen kertaan, ja saatu tulos on mittausten keskiarvo. Tuloksista on havaittavissa, että Vuforia on kilpailijoitaan vahvempi tällä osa-alueella. Vuforiassa seuranta pysyi helpoiten kiinni referenssikuvassa, ja seurannan katkettua referenssikuva löytyi hyvinkin kaukaa. Alkuperäiset tulokset ja virhearvio löytyvät liitteestä 2.

	In2AR	Metaio	Vuforia
Etäisyydet:			
Minimitunnistusetäisyys (+/- 1cm)	21cm	10cm	8cm
Maksimitunnistusetäisyys (+/- 10cm)	130cm	210cm	180cm/480cm*
Minimiseurantaetäisyys (+/- 1cm)	14cm	6cm	2cm
Maksimiseurantaetäisyys (+/- 10cm)	400cm**	280cm**	480cm***

* Vuforia tunnistaa kappaleen kaukaa uudestaan, jos seuranta on katkennut kaukoetäisyydellä.

** Vaativat suhteellisen vakaata liikettä, jotta seuranta ei katkennut em. etäisyyksillä.

*** Seuranta pysyi suhteellisen helposti kiinni referenssikuvassa tai löytyi heti uudestaan.

Taulukko 3. Maksimi- ja minimietäisyydet seurannalle ja sen alkamiselle.

2.5 Seurannan toimiminen osittain peitetyllä referenssikuvalla

Kokeessa pyritään jäljittelemään tilannetta, joissa referenssikuva on kulunut, revennyt tai valo heijastuu siitä sokaisten kameran osittain. Tieto seurannan toimivuudesta kyseisen kaltaisessa tilanteessa on tärkeä, mikäli referenssikuvina käytetään esimerkiksi ulkona olevia, ajan kanssa haalistuvia ja kuluvia julisteita tai toisaalta kiiltäväpintaisia kuvia kirkkaasti valaistussa sisätilassa.

2.5.1 Mittausjärjestelyt

Referenssikuva (20 cm x 10 cm) asetettiin seinälle noin yhden metrin korkeuteen ja testilaite kiinnitettiin kameran telineeseen. Tämän jälkeen tutkittiin seuraavia asioita:

1. Kuinka suuri osa referenssikuvasta saa olla peitossa pystysuunnassa, jotta seuranta alkaa toimia: Referenssikuvaa paljastettiin aina 5 prosenttia kerrallaan. Prosenttiosuudet, joilla seuranta alkoi toimia, kirjattiin ylös.
2. Kuinka suuri osa referenssikuvasta saa olla peitossa vaakasuunnassa, jotta seuranta alkaa toimia: Referenssikuvaa paljastettiin aina 5 prosenttia kerrallaan. Prosenttiosuudet, joilla seuranta alkoi toimia, kirjattiin ylös.
3. Kuinka suuri osa referenssikuvasta täytyy olla näkyvissä pystysuunnassa, jotta seuranta vielä toimii: Referenssikuvaa peitettiin aina 5 prosenttia kerrallaan. Prosenttimäärä, jolla seuranta katkesi kirjattiin ylös.
4. Kuinka suuri osa referenssikuvasta täytyy olla näkyvissä vaakasuunnassa, jotta seuranta vielä toimii: Referenssikuvaa peitettiin aina 5 prosenttia kerrallaan. Prosenttimäärä, jolla seuranta katkesi kirjattiin ylös.

2.5.2 Tulokset

Saadut tulokset ovat kymmeneltä mittauskerralta saatu keskiarvo jokaisen erillisen testin osalta. Tässä kokeessa In2Ar pärjasi huomattavasti paremmin kuin Metaio, mutta kärsi ongelmista vääristyneiden referenssikuvan asentojen kanssa. Vuforia oli tällä osalla alueella kirkkaasti paras, koska se pystyi löytämään referenssikuvan ja seuraamaan sitä oikein vain 20 % näkyvällä osalla kuvaa. Alkuperäiset tulokset löytyvät liitteestä 3.

	In2AR	Metaio	Vuforia
Seurannan aloituksessa vaadittu näkyvä alue			
Pystysuunnassa (+/- 5%)	30%	90%	20%
Vaakasuunnassa (+/- 5%)	30%	90%	20%
Seurannan aikana vaadittu näkyvä alue			
Pystysuunnassa (+/- 5%)	20%/90%*	85%	20%
Vaakasuunnassa (+/- 5%)	20%/90%*	85%	15%

* Yli 10 % heitto aiheutti usein vääristymiä asennossa.

Taulukko 4. Seurannassa ja sen aloittamisessa vaadittu näkyvä alue referenssikuvassa.

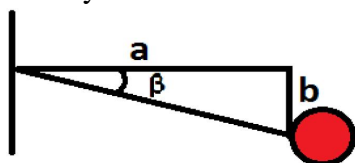
2.6 Tarkkuus- ja vakausmittaukset

Tarkkuudella tarkoitetaan, kuinka tarkasti augmentoitava kappale ilmestyy oikeaan paikkaan ja oikeaan asentoon referenssikuvan päälle ja kuinka hyvin se siinä pysyy. Lisäksi tässä yhteydessä mitattiin myös maksimikulmat, joissa seuranta vielä toimii — tämä on myös tärkeä ominaisuus laadukkaassa seurannassa.

2.6.1 Mittausjärjestelyt

Tarkkuutta ja vakautta mitattiin kolmella erilaisella testillä, joissa lähtötilanne ja mittausjärjestelyt olivat hieman erilaiset. Erillisten mittausten järjestelyt on kuvattu alla kunkin testin kuvauksen yhteydessä.

1. Heilunnan / värinän mittaus: Heilunnalla (jitter) tarkoitetaan augmentoitavan kappaleen heiluntaa. Heilunta johtuu siitä, että kappaleen asento arvioidaan jokaisella kuvan piirroilla, mutta arvio ei ole jokaisella kerralla täysin sama. Heilunta on pahimmillaan silloin, kuin augmentoitava objekti on korkea tai kaukana referenssikuvasta, koska tällöin etäisyys toimii ikään kuin vipuvartena heilunnalle, kuten kuvassa 2 on esitetty.



Kuva 3. Kulman β virheellinen arvio aiheuttaa heiluntamatkan b riippuen etäisyydestä a .

Heiluntaa mitattiin siten, että testilaite ja referenssikuva olivat paikoillaan noin 50 cm etäisyydellä toisistaan. Tämän jälkeen testilaitteella olevasta taulukosta luettiin, kuinka paljon heiluntaa esiintyi.

2. Suurimmat kulmat, joissa seuranta toimii: Testissä mitattiin suurimmat kulmat, joilla seuranta vielä toimii. Mittaus tehtiin siten, että koelaite kiinnitettiin kamerajalustaan, ja kamerajalusta säädettiin siten, että koelaite oli referenssikuvan korkeudella kohtisuorassa referenssikuvaan. Kamerajalustasta pystytettiin tämän jälkeen lukemaan kulman muutos, kun koelaitetta käännettiin eri asentoihin.
3. Yleinen tuntuma seurannan toimivuudesta: Koe tehtiin 10 henkilölle siten, että he testasivat jokaista kehitysalustaa sokkona ja antoivat arvosanan seuraaville osaluille:
 - Referenssikuvan seurannan tulee käynnistyä helposti uudestaan, jos se katkeaa: Referenssikuvan seurannan alkaminen ja käynnistyminen uudestaan, kun se välillä katkeaa (0-5 pistettä).
 - Referenssikuvan seuranta ei saa hukkua helposti: Kuinka hyvin seuranta pysyy kiinni referenssikuvassa esimerkiksi nopeiden liikkeiden, etäisyyden ja suurien kulmien vaikutuksesta (0-5 pistettä).
 - Augmentoitavan objektin tulee näkyä oikeassa paikassa ja oikeassa asennossa: Referenssikuvan seurannan tarkkuus (0-5 pistettä).
 - Kuinka altis referenssikuvan seuranta on häiriöille: Referenssikuvan seurantaan saattaa kohdistua häiriöitä, jolloin augmentoitavan objektin paikka tai asento muuttuu jatkuvasti eli tapahtuu heiluntaa (0-5 pistettä).

2.6.2 Tulokset

Taulukossa 5 on esitetty arvio heilunnan määrästä, joka pohjautuu alaviitteessä listattuihin tallenteisiin². Huomioitavaa tuloksissa on, että Metaiossa ei ollut käytössä ominaisuutta, joka poistaa heilunnan, kun referenssikuva ja laite ovat täysin paikoillaan, koska tämä ei ole realistista (ihmisen kädet heiluvat), jolloin kyseinen ominaisuus olisi vääristänyt tuloksia.

	In2AR	Metaio	Vuforia
kohtisuorassa	hyvä	keskinkertainen	hyvä
viistossa	hyvä	hyvä	erinomainen

* Metaiossa ei ollut käytössä ominaisuutta, joka poistaa heilunnan, kun referenssikuva ja laite ovat täysin paikoillaan

Taulukko 5. Arvio heilunnan määrästä.

Taulukossa 6 on esitelty suurimmat ja pienimmät kulmat, joissa kamera näkee referenssikuvan ja seuranta vielä toimii. Tulokset ovat identtiset, mutta käytännössä Vuforia

² Heiluntaa mittaavat videot: <http://files.adusal.fi/avo2/heilunta>

Referenssikuvan tunnistamisen nopeutta kuvastavat videot: <http://files.adusal.fi/avo2/recospeed>

osoittautui hieman muita paremmaksi. Tulokset koostuvat kymmenen mittauksen keskiarvosta. Alkuperäiset mittaustulokset löytyvät liitteestä 4.

	In2AR	Metaio	Vuforia
kuva kallistettu vaaka-akselin ympäri (+/- 5 astetta)	75 astetta	75 astetta	75 astetta
kuva kallistettu pystyakselin ympäri (+/- 5 astetta)	80 astetta	80 astetta	80 astetta

Taulukko 6. Maksimikulmat joissa seuranta toimii.

Taulukossa 7 on arvosanat, jotka koekäyttäjät antoivat seurannan eri osa-alueille. Tulokset ovat kymmeneltä käyttäjältä saatujen tulosten keskiarvo. Alkuperäiset tulokset löytyvät liitteestä 5. Tuloksista selviää, että Vuforian seuranta koettiin kaikilla osa-alueilla parhaaksi.

	In2AR	Metaio	Vuforia
Seurannan alkaminen ja uudestaan alkaminen	4.1	4.9	4.9
Seurannan kiinni pysyminen	2.7	3.3	4.8
Seurannan tarkkuus	2.6	4.1	4.6
Häiriöt seurannassa	2.9	3.4	4.7
Keskiarvo	3.1	3.9	4.8

Taulukko 7. Koekäyttäjiltä saadut arvosanat kehitysalustojen ominaisuuksille.

2.7 Seurannan suorituskykymittaukset

Seurannan suorituskyvyllä tarkoitetaan tässä yhteydessä seurannan vaatimaa prosessointitehoa. Vaadittu prosessointiteho saatiin mitattua tallentamalla kuvanpäivitysnopeutta seurannan aikana ohjelmallisesti. Vaadittu prosessointiteho saatiin mitattua tallentamalla yksittäisten kuvien piirtoajat (frame) seurannan aikana ja laskemalla näistä keskimääräinen kuvanpäivitysnopeus.

2.7.1 Mittausjärjestelyt

Koelaite oli koko ajan kiinnitettynä pöytään 50 cm päähän tietokoneen näytöstä. Se oli sijoitettu keskelle kuvaa kohtisuoraan näyttöä vasten. Jokainen mittaus tehtiin kymmenen kertaa, ja tulos on mittausten keskiarvo.

Mittaukset tehtiin siten, että 2,5 sekunnin kuluttua seurannan alkamisesta yksittäisten kuvien (frame) piirtoaika lisättiin kumulatiiviseen laskuriin. Laskurin tulos jaettiin seurannan lopuksi framejen määrällä, jolloin saatiin keskiarvollinen kuvanpäivitysnopeus. Seurannan alussa on kahden ja puolen sekunnin viive, koska seurannan alkaminen sai

tietyillä alustoilla kuvanpäivitysnopeuden tippumaan siten, että se olisi vääristänyt tuloksia. Tulokset koostuvat kymmenen mittauskerran keskiarvosta.

2.7.2 Tulokset

Tuloksista on nähtävissä, että Vuforia oli selvästi nopeampi kuin kilpailijansa. Huomioitava on, että käytetty kameran tarkkuus oli 640 x 480 pikseliä, joka oli Vuforian oletustarkkuus (sekä minimi), mutta Metaion ja In2AR:n oletustarkkuus on vain 320 x 240 pikseliä. Saadut tulokset ovat kymmenen mittauskerran keskiarvo. Alkuperäiset tulokset löytyvät liitteestä 6.

	In2AR	Metaio	Vuforia
keskiarvo	13.5 fps	19.4 fps	30.4 fps

Taulukko 8. Keskimääräiset kuvanpäivitysnopeudet seurannan ollessa käynnissä.

2.8 Johtopäätökset

Saatujen tulosten pohjalta Vuforia osoittautui parhaaksi kehitysalustaksi niin mittauksen pohjalta kuin käyttäjiltä saadun arvion perusteellakin. Alustojen välillä oli suuri ero kuvan päivitysnopeudessa. Se vaikuttaa muihinkin osa-alueisiin, kuten seurannan kiinnitysytymiseen referenssikuvassa.

Huomioitavaa on, että käytetty kameran tarkkuus oli 640 x 480 pikseliä, joka on oletuksena käytössä Vuforiassa, mutta Metaiossa ja In2AR:ssa on oletuksena käytössä vain neljäsosa tästä eli 320 x 240 pikseliä. Metaio ja In2AR pääsivät parempaan referenssikuvan seurantaan (huomioimatta suuria etäisyyksiä) käyttäen alhaisempaa tarkkuutta, mutta tällöin immersiiivisyys vähenee, koska käyttäjälle näkyvä kuva on liian rakeinen (vertailukuvat löytyvät liitteestä 7). Näin suuri ero kuvanpäivitysnopeudessa kuvastaa sitä, että Vuforiassa käytetyt algoritmit ovat tehokkaampia, koska se pystyy analysoimaan huomattavasti enemmän pikseleitä kuin kilpailijansa.

2.9 Yhteenveto

Maailmassa on suuri määrä lisätyn todellisuuden kehitysalustoja eri toiminnoilla ja käyttökohteilla. Suurin osa lisätyn todellisuuden kehitysalustoista keskittyy kuva- tai markkeriseurantaan, mutta löytyy myös erikoissovelluksia, jotka keskittyvät esimerkiksi ainoastaan kasvojen seurantaan.

Tässä tutkimuksessa keskityttiin kolmen laajasti käytetyn lisätyn todellisuuden kehitysalustan, In2AR:n, Metaion ja Vuforian, vertailuun. Vuforia erottui edukseen kaikissa tutkituissa osa-alueissa, mutta kuvanpäivitysnopeudessa se oli huomattavasti kilpailijoihin parempi.

Tulevaisuudessa kehitysalustoja tulee lisää ja osa vanhoista häviää, mutta Metaion ja Vuforian tulevaisuus on positiivinen, koska ne ovat hyvin laajasti käytettyjä, omaisuuksiltaan rikkaita ja ennen kaikkea hyvin toimivia. Kehityssuunta näyttää vahvasti siltä, että eri alustojen väliset erot vähenevät vähitellen ja laatutaso nousee.

3. Lisätyn todellisuuden helposta sisällöntuotannosta

Kuten tämän julkaisun Johdanto-luvussa mainitaan, lisätty todellisuus on tullut kaikkien, myös ei-teknisesti orientoituneiden käyttäjien saataville. Lisätyn todellisuuden selainsovellukset ovat yksi helpon sisällöntuotannon mahdollistava väline. Lisätyn todellisuuden selaimet ovat mobiilisovelluksia, joissa on tarjolla käyttäjän ympäristöstä tai sen objekteista lisätietoa antavia sisältökokonaisuuksia. Useimpiin lisätyn todellisuuden selaimiin on mahdollista tuottaa itse sisältöjä ilman teknistä osaamista. Yksi mahdollinen käyttäjäryhmä ovat esimerkiksi peruskoulun opettajat. Jotta he käyttäisivät lisättyä todellisuutta tai muutakaan opetusteknologiaa, on sen oltava riittävän helppokäyttöistä. Tässä luvussa on kuvattu ei-teknisille käyttäjille soveltuvien lisätyn todellisuuden selainsovellusten helppokäyttöisyysvertailu. Vertailu tarjoaa apua AR-selaimen valintaan ei-tekniselle käyttäjälle, joka haluaa itse toteuttaa yksinkertaisia AR-sisältöjä.

Vertailun kohteena on viisi AR-selainten lisäosaa, joilla voidaan tuottaa sisältöä AR-selaimiin ilman teknistä erityisosaamista. Riippuen AR-selaimen terminologiasta sisältökokonaisuutta kutsutaan nimillä *layer*, *channel*, *world* tai *aura*. Kuvatunnistuspohjaisissa AR-sovelluksissa selain tunnistaa referenssikuvan, paikkatietopohjaisissa paikkatiedon perusteella kartalle merkittyjä koordinaatteja eli POI:ta (Point of Interest, mielenkiintoinen paikka) ja esittää niihin liitettyä augmentoitua sisältöä. Augmentoinnit voivat olla kummassakin tapauksessa tekstiä, kuvaa, videota, kolmiulotteisia objekteja tai edellisten yhdistelmiä. Vertailu tarjoaa tietoa siitä, kuinka helppoa ja ajankäyttöisesti vaativaa sisällöntuotanto AR-selaimiin on sekä minkälaisia eroavaisuuksia sisällöntuotanto-osien väliltä löytyy. Samalla vertailu valottaa myös sitä, minkälaisia asioita AR-selainten sisällöntuotantoon tarkoitettujen lisäosien suunnittelussa tulisi ottaa huomioon ei-tekniistä kohderyhmää ajatellen.

Jo toteutetut AR-selainvertailut keskittyvät itse selainten ja ohjelmalliseen sisällöntuotantoon liittyvien seikkojen vertailuun (Comparing 2010; Augmented 2013). Vertailut eivät juurikaan anna vastauksia ei-teknisille käyttäjille olennaisempiin, kuten sisällön tuottamiseen tehtyjen lisäosien helppoutta koskeviin kysymyksiin.

Selvityksessä käytetään AR:n väljempää määritelmää verrattuna Johdanto-luvussa esitettyyn Azuman (1997) määritelmään. Johdannossa niin ikään esitetyt Spechtin (2011) ja Klopferin ja Squiren (2008) määritelmät sekä AR:n määrittely lähelle reaaliympäristöä Milgramin ja Kishinon (1994) jatkumolla toimivat tämän vertailun lähtökohtina. AR-selaimista moni perustuu kaksiulotteisten kuvien sitomiseen joko kolmiulotteisessa avaruudessa oleviin referenssikuviin tai GPS-sijaintiin. Olennaista on, että sisällöt ovat pitkälti reaaliympäristössä toimimista täydentäviä. Opetuskäytön näkökulmasta ne

voivat vastata juurikin niihin haasteisiin, joita perinteisille oppimisympäristöille usein asetetaan — oppilaat pitäisi saada autenttisiin ympäristöihin ja pois koulun penkiltä. Pelkkä elämyksellinen ympäristöjen tutkailu ei ole välttämättä opetuksellisesta näkökulmasta riittävää, vaan lisäksi tarvitaan jotakin, joka jäsentää tutkailua ja liittää haluttuja oppisisältöjä tarkastelua tukemaan. Tähän lisätty todellisuus voi tarjota uudenlaisia keinoja. (Elinich 2011, 31-33)

3.1 AR-selainten sisällöntuotanto-osien helppokäyttöisyys ja sen arviointi

Valtakunnallisessa Opetusteknologia koulun arjessa (OPTEK) -tutkimushankkeessa vuosina 2009–2011 kartoitettiin tieto- ja viestintätekniikan käyttöä yleissivistävässä opetuksessa peruskoulussa ja lukiossa. Tutkimusten mukaan tyypillisimpiä ja keskeisimpiä tieto- ja viestintätekniikan opetuskäyttöön liittyviä esteitä olivat opettajien kokemus ajanpuute, tietoteknisten taitojen puutteellisuus sekä epävarmuus tietotekniikan opetuskäytössä. Lisäksi resurssit tietotekniikan käytön tukemiseksi nähtiin riittämättömiksi. Opettajat saattoivat kokea, että tietotekniikan tuominen opetukseen vie enemmän suunnittelu-aikaa kuin tietotekniikkaa hyödyntämättömän opetuksen suunnittelu. Myös laitteiden toimimattomuus ja hitaat tiedonsiirtonopeudet koettiin haasteeksi. Toimimattomat laitteet ja toimimattomuuden syiden selvittäminen veivät aikaa oppitunnista, ja oppilaiden huomiokin ehti suuntautua muualle kuin opetettavaan asiaan. Epäonnistuneet kokemukset vaikuttivat negatiivisesti haluun käyttää tieto- ja viestintätekniikkaa jatkossa. (Kankaanranta et al 2011, 47, 49–50; Palonen et al 2011, 93) Jotta opettajat lähtisivät hyödyntämään AR:a opetuksessaan, avainasemassa on sovellusten käytön ja sisällöntuotannon helppous.

Yleisesti tietotekniikan käyttöön vaikuttaviksi tekijöiksi on havaittu sovelluksen käytön helppouden lisäksi koettu hyödyllisyys (Davis 1989, 320). AR:n hyödyllisyyden arviointi opetuskäytössä on tärkeää, mutta ei relevanttia tässä tarkastelussa. Lähtökohdaksi tässä otetaan tilanne, jolloin AR on ensin todettu hyödylliseksi. Tavoitteena on selvittää sisällön tuottamisen helppoutta AR-selaimiin peruskoulun opettajien näkökulmasta.

Käytön helppous kertoo käytön vaivattomuudesta (Davis 1989, 320). Davisin ja myöhemmin Adamsin, Nelsonin ja Toddin (1992) kehittämän mittariston mukaan käytön helppous voidaan määritellä seuraavien ulottuvuuksien avulla:

- Helppo opittavuus
- Selkeys ja ymmärrettävyys
- Helppo eteneminen taitavaksi käyttäjäksi
- Sovelluksen helppokäyttöisyys
- Kontrolloituavuus
- Helppo muistettavuus

Helppo- ja nopeakäyttöisyydessä on pitkälti kyse käytettävyydestä. Standardin (ISO 9241–11 1998) mukaan käytettävyys on sitä, missä määrin käyttäjät voivat käyttää tuotetta saavuttaakseen tavoitteensa tehokkaasti tietyssä käyttökontekstissa. Jotta sovellus on käytettävä, sen tulee Jakob Nielsenin tunnettujen käytettävyysheuristiikkojen mukaan (Molich & Nielsen 1990, 339; Nielsen 1995):

- Näyttää järjestelmän tila ja antaa käyttäjälle palautetta riittävän nopeasti
- Olla yhteensopiva käyttäjän käyttämän kielen ja käsitteiden kanssa sekä esittää tieto reaali maailmasta tutulla tavalla
- Mahdollistaa käyttäjän kontrolli ja vapaus esimerkiksi väärin valintojen jälkeen
- Olla käytetyn termistön osalta johdonmukainen ja noudattaa standardeja
- Estää virheet
- Kuormittaa minimaalisesti käyttäjänsä muistia ja tarjota helposti saatavia ohjeita tarvittaessa
- Mahdollistaa käytön joustavuus ja tehokkuus niin noviiseille kuin asiantuntijoillekin
- Olla esteettinen ja suunnittelultaan minimalistinen
- Tukea käyttäjän tekemien virheiden tunnistamista ja niistä toipumista
- Sisältää opasteita ja dokumentaatiota.

Tässä työssä arvioitavien AR-selainten lisäosien helppokäyttöisyyttä tarkastellaan pitkälti edellä esiteltyjen käytettävyyden arviointikriteerien mukaisesti.

AR-selainten sisällöntuotannon helppous liittyy ensinnäkin käytön aloitusvaiheeseen: miten helposti sisällöntuotannon mahdollisuuksista löytyy tietoa selainten WWW-sivuilta. Monia oppilaitosten oman palveluvalikoiman ulkopuolisia sovelluksia hyödynnetään nykyisin opetuksessa (esimerkiksi sosiaalisen median sovellukset), mutta niiden käyttö vaatii opettajalta oma-aloitteisuutta, jollei koulutusta tai apua kollegoilta ole saatavissa. Tällöin sovelluksen tarjoajan WWW-sivut tai käyttöoppaat ja erityisesti ohjeiden laatu ovat ensiarvoisen tärkeässä roolissa. Myös käytössä alkuun pääseminen (käyttäjätunnuksen luominen, kirjautuminen) voi vaatia käyttäjältä vaihtelevassa määrin aikaa.

Seuraava askel on itse sisällöntuotanto, jolloin sisällöntuotanto-osan käytön helppous ja sisällöntuotannon sujuvuus ovat arviointikohteena. Erityisesti sisällöntuotanto-osan käytön intuitiivisuus alusta loppuun on tärkeä käytön helppouteen vaikuttava tekijä. Käytön aikana vastaantulevissa ongelmatilanteissa ohjeiden ja opasteiden löytyminen on tärkeää. Lisäksi on huomattava, että koska AR-selaimissa on usein mukana monimediaisia sisältöjä, tarvittavien apusovellusten (kuten kuvankäsittely) käyttötarve ja vaadittavat taidot on myös huomioitava sisällöntuotannon helppoutta arvioitaessa. Myös tieto toteutettavien sisältöjen toimivuuteen vaikuttavista asioista (kuten esimerkiksi referenssikuvien laatu) on tärkeää, jotta toteutettavista sisällöistä tulee toimivia. AR-selaimissa ja niiden sisällöntuotanto-osissa käytettävä terminologia ei ole vielä vakiintunutta, koska AR tuo mukanaan uutta terminologiaa. Termien merkitystä on

kuitenkin selitetty käyttäjälle vaihtelevassa määrin AR-selaimesta riippuen. Termien käyttö saattaa pahimmillaan olla sisäisesti ristiriitaista ja epäjohdonmukaista.

Sisällöntuotanto-osan käyttöliittymän toimivuuteen liittyvät seikat vaikuttavat käytön helppouden kokemukseen. Se, toimiiko käyttöliittymä vakaasti, vaikuttaa käytön miellyttävyyteen ja sujuvuuteen. Itse käyttöliittymän yksinkertaisuudella tai monimutkaisuudella on suuri rooli erityisesti, jos sisällöntuotanto-osa ei tarjoa selkeää, askeleittain etenevää tuotantomallia, joka huolehtii, että käyttäjä on varmasti tehnyt kaikki tarvittavat valinnat eri vaiheissa. Myös käyttöliittymän käytön muistettavuus myöhemmillä käyttökerroilla ja ennen kaikkea tuki sille, ettei muistamista vaadita, on merkityksellinen.

Ennen kuin loppukäyttäjät pääsevät hyödyntämään luotuja sisältöjä, ne on julkaistava ja niiden käyttö ohjeistettava. AR-selaimet eroavat sisältöjen julkaisun, siihen kiinteästi liittyvän testauksen ja jakelun helppouden osalta toisistaan. Näin ollen myös AR-selaimen käytön ohjeistamiseen liittyvät toimenpiteet vaikuttavat siihen, kuinka sisältöjen toteuttaja pystyy tiedottamaan niistä eteenpäin. Tämä voi vaikuttaa myös helppokäyttöisyyden kokemukseen. Loppukäyttäjän näkökulmasta myös AR-selaimen käytön helppous on tärkeä selaimen valintaan vaikuttava seikka.

AR-selainten sisällöntuotannon vertailussa käytetyt arviointikriteerit ovat siis seuraavat:

1. AR-selaimen monipuolisuus
 - Kuvatunnistukseen perustuvien sisältöjen luominen ilman teknistä osaamista
 - Paikkatietoon perustuvien sisältöjen luominen ilman teknistä osaamista
2. Laitevaatimukset
 - Sisältöjen luominen
 - Selaimen käyttö
3. Sisällöntuotanto-osan käytön aloittamisen helppous
 - Kuinka hyvin AR-selaimen WWW-sivuilla on tarjolla tietoa siitä, miten sisällön tuottamisen pääsee aloittamaan?
 - Kuinka helppoa sisällöntuotannon aloittaminen (rekisteröityminen ja sisältöjen luonnissa alkuun pääseminen) on?
 - Ohjeiden olemassaolo ja saatavuus
 - Ohjeiden laatu
4. Sisällöntuotanto-osan helppokäyttöisyys
 - Sisällöntuotanto-osan käytön intuitiivisuus
 - Mitä muita sovelluksia ja osaamista sisällöntuotanto vaatii / saattaa vaatia?
 - Miten sisällöntuotanto-osa tarjoaa ohjeistusta koskien siihen tuotavia sisältöjä (esim. kuvilta vaaditut tiedostomuodot sekä koko)?
 - Sisällöntuotanto-osassa käytetyn terminologian tutuus käyttäjälle
 - Käyttöohjeiden ja opasteiden käytönaikainen saatavuus
5. Sisällöntuotanto-osan toimivuus
 - Sisällöntuotanto-osan vakaus ja tekninen toimivuus
 - Antaako sisällöntuotanto-osa palautetta käyttäjälle hänen toteuttamistaan toimenpiteistä ja sovelluksen tilasta?

- Sisällöntuotanto-osan käyttöliittymän yksinkertaisuus
- Vaatiiko sisällöntuotanto-osan käyttöliittymä muistamista?
- 6. Luotujen sisältöjen julkaisun helppous
 - Luotujen sisältöjen testauksen ohjeistus
 - Luotujen sisältöjen julkaisun ohjeistus
 - Luotujen sisältöjen käytön opastus loppukäyttäjille
- 7. Sisällöntuotannon nopeus
 - Kuvatunnistus- tai paikkatietosovelluksen luomiseen käytetty aika

3.2 Vertailun toteuttamisen periaatteet

Vertailun kohteena on AR-sisältöjen toteuttamisen helppous valikoituihin AR-selaimiin. Sisällöt ovat kuvatunnistus- tai paikkatietopohjaisia riippuen AR-selaimen tarjoamista mahdollisuuksista. Vertailussa toteutettavat sisällöt ovat seuraavanlaisia:

- Mikäli sisältö on kuvatunnistuspohjaista, määritellään referenssikuva ja sen tunnistamisen perusteella augmentoidaan toinen kuva.
- Mikäli sisältö on paikkatietopohjaista, toteutetaan kolme POI:ta, joihin kuhunkin liitetään noin 5 sanan mittainen augmentoitava lisätietoteksti.

Vertailu toteutetaan asiantuntija-arviointina, joka on yksi käytettävyyden arviointimenetelmä (Korvenranta 2005). Lähtökohtana on sovellusta ensimmäistä tai ensimmäisiä kertoja käyttävä käyttäjä. Vaikka kirjoittajalla on runsaasti kokemusta sisällöntuotannosta vertailtaviin AR-selaimiin, toimittiin kuten ensimmäistä kertaa lisäosien avulla sisältöä tuottava henkilö toimisi, esimerkiksi mahdolliset ohjetekstit lukien. Tavoite on havaita, tietääkö käyttäjä mitä kussakin tehtävän suorittamisvaiheessa pitää tehdä ja kuinka hän saa palautetta tehtävän onnistumisesta. Ensikertalaisen näkökulman vuoksi huomiotta jätetään sen arviointi, miten sovellus tukee taitavaksi käyttäjäksi etenemistä tai asiantuntijakäyttäjien näkökulmasta tärkeä käytön joustavuus.

AR-selainten sisällöntuotanto on kokonaisuus useasta eri työvaiheesta, joiden toteuttamisen helppoutta vertaillaan. Vertailu alkaa sisällöntuotantomahdollisuuksien tiedonetsinnästä selainten WWW-sivuilta. Seuraavana vaiheena on sisällöntuotanto-osaan kirjautuminen ja sisällöntuotanto-osan käytön aloitus. Sitä seuraa sisällön tuottaminen. Sisällöntuotantovaihe voi vaatia muiden toimenpiteiden suorittamista (kuten kuvien lataaminen digikamerasta tietokoneelle) tai muiden sovellusten käyttämistä (kuten kuvien käsittely niiden koon muuttamiseksi). Viimeiset työvaiheet koostuvat sisältöjen julkaisusta ja niiden käytön ohjeistamisesta loppukäyttäjille.

Vertailussa esitetään sekä sanallinen että numeerinen arvio kunkin arviointikriteerin osalta. Joissakin kohdin sanallinen arvio puuttuu, jos mitään erityisiä huomioita ei noussut esiin. Numeerinen arvio annetaan vaihteluvälillä 0–2, jolloin 0 tarkoittaa, että kriteerin kohteena ollut ominaisuus puuttuu kokonaan tai se on toteutettu erittäin huonosti. Arvosana 2 tarkoittaa erittäin hyvin toteutettua ominaisuutta, ja arvosana 1

sijoittuu näiden kahden ääripään välille. AR-selaimen ja sisällöntuotanto-osan käyttöjärjestelmät pisteytettiin monipuolisuuden mukaan (kriteeri 1), samoin laaja-alaisuus sekä kuvatunnistus- että paikkatietopohjaisuuden osalta (kriteeri 2). Myös AR-selainsovelluksen helppokäyttöisyydelle annettiin erillinen arvosana.

Vertailun kohteena on myös sisältöjen toteuttamiseen kuluva aika alkaen sisällöntuotanto-osaan kirjautumisesta ja päättyen sisältöjen julkaisuun. Aikavertailussa sisällöntuotannossa tarvittavat kuvat on ladattu valmiiksi tietokoneelle suoraan digikameralta, mutta niitä ei ole käsitelty (todennäköinen tilanne ei-teknisten käyttäjien ollessa kyseessä). Mahdollisesti tarvittavia muita sovelluksia (esim. kuvankäsittely) ei ole avattu valmiiksi koneelle.

On mahdollista, että AR-selaimen valinta tapahtuu puhtaasti sillä perusteella, mikä on sisällöntuotannollisesti helppokäyttöisin. Todennäköisesti valintaa tekevä joutuu kuitenkin ottamaan huomioon myös itsellään käytettävissä olevat laitealustat. Mikäli käytössä on vain Windows-käyttöjärjestelmällä toimiva mobiililaitte, käyttäjälle on irrelevanttia tuottaa sisältöjä Android- ja iOS-alustoilla toimiviin mobiililaitteisiin (Android 2013; Apple 2013).

Lisäksi on tarpeen miettiä, minkälaisia sisältöjä halutaan tuottaa: osa selaimista tarjoaa mahdollisuuksia kuvatunnistuspohjaisten sisältöjen toteuttamiseen, osa paikkatietopohjaisten, ja osa molempien. Käyttäjän kannalta on kätevintä, jos samaan AR-selaimeseen on mahdollista toteuttaa molemmantyyppisiä sisältöjä. Näin ollen vertailussa esitellään myös AR-selainten ja niiden sisällöntuotannon laitealustavaatimukset ja tuodaan esiin minkä tyyppisiä sisältöjä eri selaimiin on mahdollista tuottaa ilman teknistä osaamista.

3.3 Vertailuun valitut sisällöntuotanto-osat

Tarkasteluun valittiin viisi AR-selainten sisällöntuotanto-osaa. Yhtä erillistä sovellusta lukuunottamatta ne ovat AR-selainkehittäjien itsensä tarjoamia lisäosia. Valintaperusteena olivat seuraavat:

1. Tarjoavatko sisällöntuotanto-osat käyttömahdollisuuksia ilman teknistä osaamista oleville henkilöille?
2. AR-selaimen, johon sisältöä tuotetaan, sovellusalustana ovat käytetyimmät mobiilikäyttöjärjestelmät Android ja iOS
3. AR-selaimen, johon sisältöä tuotetaan, tunnettuus
4. AR-selaimen ja sisällöntuotanto-osan maksuttomuus

Kohdassa 1 mainitulla teknisellä osaamisella tarkoitetaan monimutkaisempia kuin tietoteknisten perussovellusten (tekstinkäsittely, WWW-selainpohjaiset sovellukset, esim. sosiaalinen media) käyttöosaamista tai ohjelmointiosaamista (myös rakenteelliset kuvauskielet kuten XML). Kohdassa 2 sovellusalustaksi on valittu Android tai iOS sillä

perusteella, että AR-selaimet toimivat pääsääntöisesti näillä kahdella alustalla. Ainoastaan yksi valituista AR-selaimista toimii mainittujen mobiilikäyttöjärjestelmien lisäksi Blackberryllä (Blackberry 2013) ja Windows Phonella (Windows Phone 2013). Käytännössä tuetuilla käyttöjärjestelmillä voi kuitenkin olla eroja toimivuudessa mobiililaitekohtaisesti merkin ja mallin osalta. Kohdassa 3 mainittua tunnettua on arvioitu mukanaololla lisätyn todellisuuden WWW-sivuston Augmented Planetin (Augmented Planet 2012) vuosittaisessa Readers Choice Awards -sovellusvertailussa sekä Google Play -sovelluskaupasta (Google Play 2013) saatavilla tiedoilla AR-selainten latausmääristä (liite 8). Kohdassa 4 mainittu maksuttomuus otettiin valintakriteeriksi, koska monissa oppilaitoksissa mahdollisuudet hankkia maksullista tietotekniikkaa omin päin ovat varsin rajalliset.

Vertailuun valitut sisällöntuotanto-osat ovat **Layar Creator**, **Aurasma Studio**, **Aurasma-selaimen integroitu sisällöntuotanto-osa**, **Wikitude Publish Tool** sekä erillinen **BirdsView AugmentedGallery** -sovellus. AR-selaimet ja sisällöntuotanto-osat on esitelty lyhyesti seuraavissa aliluvuissa.

Layar

Hollantilainen Layar julkaisi samannimisen AR-selaimen vuonna 2009. Layar on keskittynyt erityisesti vuorovaikutteisen printtimedian tuottamiseen painetun ja digitaalisen sisällön välisen kuilun ylittämiseksi. (Wagner 2013; Layar 2013)

Layar toimii sekä kuvatunnistus- että paikkatietopohjaisesti. Kuvatunnistuspohjaista sisältöä Layariin voi tuottaa Layar Creator -nimisellä WWW-selainpohjaisella sisällöntuotanto-osalla. Paikkatietopohjaista sisältöä Layariin voi toteuttaa BirdsView AugmentedGallery-nimisellä kolmannen osapuolen tarjoamalla sovelluksella (BirdsView AugmentedGallery 2013).

Aurasma

Aurasma on vuonna 2011 julkaistu lisätyn todellisuuden selain. Selaimen takana on englantilainen vuonna 1996 perustettu sovelluskehitysyritys Autonomy, jonka Hewlett-Packard osti vuonna 2011. (Aurasma 2013)

Aurasma on kuvatunnistusselain, mutta osaan referenssikuvista on myös mahdollista liittää vain tietyssä paikassa avautuvaa sisältöä. Aurasma-selaimen on mahdollista tuottaa sisältöjä joko WWW-selainpohjaista Aurasma Studiota tai Aurasma-selaimen integroitua sisällöntuotanto-osaa hyödyntäen. Molemmat otettiin mukaan vertailuun erillisinä sisällöntuotanto-osina. Aurasma on otettu mukaan tähän vertailuun kuvatunnistuspohjaisena selaimena, koska tämä on sen pääasiallinen käyttötapa.

Wikitude

Wikitude on itävaltalaisen Wikitude GmbH:n (aikaisemmin Mobilizy GmbH) toteuttama maailman ensimmäinen mobiilikäyttöinen lisätyn todellisuuden alusta. Wikitude-selain on julkaistu vuonna 2008, ja se yhdisti paikkatietoa Wikipediassa esitettyihin paikkoihin hyödyntäen mobiililaitteen GPS- ja kompassitietoa. Wikitude on alunperin paikkatietoselain, mutta kesällä 2013 siihen on tullut mukaan myös kuvantunnistus.

Wikitudeen on mahdollista toteuttaa paikkatietopohjaista sisältöä ilman teknistä osaamista WWW-selainpohjaisella Wikitude Publish Tool -sisällöntuotanto-osalla. (Wagner 2013; Wikitude 2013)

BirdsView AugmentedGallery

BirdsView on saksalainen vuonna 2011 perustettu ohjelmistoyritys, joka on erikoistunut tarjoamaan helppokäyttöisiä työvälineitä myös muille kuin asiantuntijoille. AugmentedGallery³ on yksi yrityksen tuote, jonka avulla käyttäjät voivat lisätä paikkasidonnaista tietoa junaio- ja Layar-selaimissa toimivaan BirdsView-channeliin. (BirdsView 2013)

Edellä mainittu junaio-selain on 2003 perustetun Metaio-nimisen saksalaisyrityksen lisätyn todellisuuden selain. Vuonna 2005 Metaio julkaisi ensimmäisen lisätyn todellisuuden loppukäyttäjäsovelluksen (KPS Click & Design) virtuaalisten huonekalujen soveltamiseksi tilaan. Vuonna 2006 yritys julkaisi ensimmäisen selainliitännäisen verkkopohjaisiin lisätyn todellisuuden sovelluksiin ja sen jälkeen täysin integroidun lisätyn todellisuuden mobiilisovelluksen. Yrityksen meriittejä on vuonna 2011 saavutettu voitto lisätyn todellisuuden ISMAR-konferenssin⁴ markkerinkohdennuskilpailusta (ISMAR Tracking Competition) ensimmäisestä sisällön kolmiulotteisesti kohdentavasta mobiilista lisätyn todellisuuden sovelluksesta. junaion avulla on mahdollista luoda sekä kuvantunnistus- että paikkatietopohjaista lisättyä todellisuutta. (Wagner 2013; junaio 2013; Metaio 2013)

3.4 Vertailu ja sen tulokset

Vertailun tulokset on esitetty kahdessa taulukossa, joista toisessa vertaillaan AR-selainten sisällöntuotanto-osien ominaisuuksia sanallisesti (liite 9) ja toisessa on annettu arvosanat kunkin vertaillun ominaisuuden toteutumisesta selaimittain tai

³ Vertailua toteutettaessa BirdsView AugmentedGallery siirtyi käyttökatalle määrittelemättömäksi ajaksi.

⁴ <http://www.ismar.net/>

sisällöntuotanto-osittain (liite 10). Tässä vertailun tuloksia on avattu lyhyesti kunkin vertailukriteerin osalta, lisäksi on esitetty sisällöntuotannon aikavertailun tulokset.

3.4.1 AR-selaimen monipuolisuus

AR-selaimen monipuolisuudella tarkoitetaan saman selaimen mahdollistamaa kuvatunnistus- sekä paikkatietosovellusten luomismahdollisuutta ilman teknistä osaamista. Vain Layar-selaimeen on mahdollista toteuttaa sekä kuvatunnistus- että paikkatietopohjaista sisältöä sekä maksutta että ilman teknistä osaamista. Kuvatunnistuspohjaisten sisältöjen luominen onnistuu Layar Creator -nimisellä sisällöntuotanto-osalla, paikkatietopohjaisen sisällön luominen kolmannen osapuolen tarjoamalla BirdsView AugmentedGallery -sovelluksella. Layar-selaimen osalta on myös mainittava, että luodun sisällön julkaisuun on olemassa muista selaimista poiketen sekä maksullisia että maksuttomia vaihtoehtoja. Maksutta sisältö on mahdollista julkaista mainosten kanssa tai ilman mainoksia erikseen anotuilla ilmaissivuilla (yleishyödyllisille toimijatahoille). Aurasma-selaimeen on mahdollista toteuttaa maksutta kuvatunnistuspohjaisia sisältöjä sekä Aurasma Studiolla että Aurasma-selaimeen integroidulla sisällöntuotanto-osalla. Erikoisuutena on mahdollisuus määritellä referenssikuvien yhteyteen paikkatietoa, jolloin niihin liitetyt augmentoinnit avautuvat vain tietyssä sijainnissa. Tämä kuitenkin on kuvatunnistustoteutuksen laajennus, ei varsinainen paikkatietopohjainen toteutus. Wikitude-selaimeen on mahdollista toteuttaa maksuttoman paikkatietojen toteuttamisen (Wikitude Publish Tool) lisäksi kuvatunnistuspohjaisia sisältöjä maksullisella Wikitude Studio -nimisellä sisällöntuotanto-osalla. Maksuttomien paikkatietosisältöjen toteuttaminen junaio-selaimeen onnistuu BirdsView AugmentedGallerylla, kuvatunnistuspohjaisten sisältöjen luominen junaioilla vaatii maksullisen Metaio Creatorin käyttöä.

3.4.2 Laitevaatimukset

Kaikki vertailun AR-selaimet toimivat sekä Android- että iOS-käyttöjärjestelmällä varustelluissa mobiililaitteissa, mikä oli vaatimuksena vertailuun mukaan ottamisellekin. Muunlaisille laitealustoille AR-selaimet eivät juuri sovellukaan — ainoastaan Wikitude toimii edellämainittujen käyttöjärjestelmien lisäksi myös Blackberrysä ja Windows Phonessa. Sisällöntuotanto-osat toimivat WWW-selaimissa, lisäksi Aurasma-selaimeen on integroitu suoraan oma sisällöntuotanto-osansa. BirdsView AugmentedGallerylla toteutettuja sisältöjä on mahdollista katsoa AR-selaimen lisäksi myös WWW-selaimen kautta.

3.4.3 Sisällöntuotanto-osan käytön aloittamisen helppous

Vertailtujen AR-selainten WWW-sivuilla löytyi kaikista puutteita sen osalta, miten helposti käyttäjän on mahdollista löytää tietoa sisällöntuotantomahdollisuuksista. Layar-selaimen WWW-sivuilla tietoa oli ehkä parhaiten tarjolla erilaisten *Get Started* -tyyppisten ohjauspainikkeiden kautta, mutta niiden takaa ei kuitenkaan löytynyt selkeästi tietoa siitä, mistä aloittaa ja miten. Sivuilla oli myös runsaasti rikkiäisiä linkkejä. Aurasman WWW-sivuilla löytyi tietoa siroteltuna sinne tänne, niiltäkin melko

epäloogisesti jäsenneltynä, joten käyttäjä joutui etsimään tietoa useilta eri sivuilta. Aurasman sivuilta ei myöskään käynyt kovin selvästi ilmi, miten sisältöjä on mahdollista toteuttaa Aurasmaan kahdella eri välineellä: Aurasma Studiolla ja Aurasma-selaimeen integroidulla sisällöntuotanto-osalla. Aurasma Studion käytöstä ja sisältöjen luomisesta sen avulla löytyy tietoa *Partners*-sivulta. Tietoa sisältöjen luomisesta Aurasma-selaimeen integroidulla lisäosalla löytyy huonosti. *Auras*-sivun ylälaidassa on kolmen kuvan avulla kerrottu, miten Aurasmaan pääsee tuottamaan sisältöä (*How to create an Aura*). Sivulla ei kuitenkaan implisiittisesti kerrota, että sisällöntuotanto tapahtuu Aurasma-selaimella kuten aurojen katselukin — pääteltävissä on vain, että sisältöjä voi tuottaa mobiililaitteella. Wikipedian WWW-sivuilta on hankala löytää tietoa muista sisällöntuotantovaihtoehdoista kuin maksullisesta Wikitude Studiosta tai teknisistä osaamista vaativista sovelluskehitysvälineistä. Käyttäjän olisi käytännössä tutkittava pitkään WWW-sivuja voidakseen löytää tietoa maksuttomasta ja sinänsä helpoista tavasta luoda paikkatietopohjaisia sisältöjä Wikitude Publish Toolilla tai tiedettävä tästä mahdollisuudesta jotakin muuta kautta. BirdsView AugmentedGallerysta ei löydy tietoa Layan eikä junaion WWW-sivuilta, koska kyseessä on kolmannen osapuolen toteuttama sisällöntuotantosovellus. Käyttäjän täytyy siis tietää itse tästä sovelluksesta tai löytää tietoa siitä, ehkä sattumalta.

Sisällöntuotannon aloittaminen sisällöntuotanto-osaan rekisteröitymällä on Laya Creatorin osalta varsin helppoa, joskin käyttäjä saattaa joutua etsimään jonkin aikaa tietoa siitä, mistä rekisteröityminen tapahtuu. Käytön aloittaminen ensimmäisellä käyttökerralla on myöskin helppoa, sillä rekisteröitymisen ja kirjautumisen jälkeen käyttäjä ohjataan suoraan Laya Creatoriin. Seuraavilla käyttökertoilla ei tapahdu suoraa ohjausta Laya Creatoriin kirjautumisen jälkeen, ja käyttäjän tulee oivaltaa avata Laya Creator WWW-sivun oikeaan ylälaitaan ilmaantuvan pudotusvalikon kautta. Käyttäjän tulee rekisteröityä Aurasma Studion käyttäjäksi Aurasman WWW-sivujen *Partners*-sivulta. Tämä ei välttämättä ole luontevin paikka tavalliselle käyttäjälle lähteä rekisteröitymään, sillä *Partners*-sivulta tulee helposti vaikutelma, että partnerit ovat isompia yrityspartnereita, ei tavallisia käyttäjiä. Puhutaan myös partneriksi hakemisesta, mikä voi nostaa kynnystä rekisteröityä. Aurasma-selaimeen integroidulla sisällöntuotanto-osalla käytön alkuun pääseminen on helppoa hyvän infopainikkeen kautta. Käyttäjän ei tarvitse rekisteröityä tai kirjautua käyttäjäksi voidakseen luoda ei-julkisia auroja. Julkisia auroja luotaessa kannattaa kuitenkin ensin rekisteröityä Aurasma-selaimen käyttäjäksi ja kirjautua selaimen, mutta tästä ei ole kerrottu käyttäjälle (toisaalta rekisteröityä ja kirjautua voi myöhemminkin, mutta toimenpiteiden suorittaminen alkuvaiheessa tekee julkisten aurojen luomisesta suoraviivaisempaa). Wikitude Publish Toolin käytön aloittamisen osalta tilanne on kaikkein huonoin. Käyttäjä ei tiedä mitenkään, miten pääsisi alkuun, ellei joku ole neuvonut tai käytössä ole kolmannen osapuolen laatimia ohjeita.

BirdsView AugmentedGalleryyn rekisteröityminen ja käytön alkuun pääseminen on helppoa, kun käyttäjä on ensin päätenyt sovelluksen WWW-sivuille. Useammassa kohdassa sivuilla on linkki AugmentedGallery-sisällöntuotanto-osaan, jonka etusivulla käyttäjä pystyy rekisteröitymään käyttäjäksi ja kirjautumaan sisään. Sivuilta löytyy hyvin tietoa sovelluksesta ja siitä, mitä sillä voi tehdä.

Layarin WWW-sivuilta löytyy monipuolisia ohjeita, mutta siroteltuna eri paikkoihin. Aloitettaessa sisällöntuotantoa Laya Creatorilla olisi sisällöntuotanto-osan käytön ohje tervetullut; sen sijaan käyttäjälle tarjotaan ensisijaisesti markkinointipainotteista ohjeistusta, joskin myös Laya Creatorin käyttöohjeita löytyy melko helposti niin teksti- kuin videomuodossakin. Aurasma Studion käyttöohjeet on koottu WWW-sivujen *About us* -sivulle, mikä ei ole luontevin paikka etsiä ohjeita. Ohjeet on kuitenkin koostettu listaan, mikä helpottaa niiden löytämistä. Ohjeet ovat sekä tekstimuotoisia (*Aurasma Partner Guidelines*) että video-ohjeita Aurasman Youtube-kanavalla (Youtube 2013). Aurasma-selaimen sisällöntuotanto-osaan löytyy videomuotoinen käyttöohje edellä mainitulta *About us* -sivulta. Lisäksi selaimen sisällöntuotanto-osaan on toteutettu askeleittain opastava apuri sisältöjen luomiseen ensimmäisellä käyttökerralla, jos tietää, että päävalikon +-merkistä pääsee sisällönluomistilaan (toisaalta sovelluksen hyvin näkyvissä olevasta infopainikkeesta saa tästä helposti tietoa). Wikituden WWW-sivuilta löytyy hyvin yleisellä tasolla olevia, suppeita ohjeita Community-osion alta Knowledge Basesta, jos osaa etsiä. Sieltäkään käyttäjä ei todennäköisesti löydä oikeaa ohjetta, sillä ohjeen liittymistä Wikitude Publish Toolin käyttöön ei voi päätellä sen otsikosta (*How to create your world by uploading a KML file*). BirdsView AugmentedGalleryn WWW-sivuilta löytyy muutaman kaappauskuvan sisältävä erittäin lyhyt yleisohje, josta ei ole juuri apua.

Osa Layarin ohjeista on laadultaan melko hyviä, mutta osa kovin suppeita. Ohjeiden monimuotoisuus (teksti ja video) on myös hyvä asia. Aurasma Studion ohjeet ovat melko hyvälaatuisia, monimuotoisia (teksti ja video) ja kattavia. Esimerkiksi *Aurasma Partner Guidelines* -ohje sisältää kuvakaappauksia ja on siten havainnollinen. Aurasma-selaimeen integroituun sisällöntuotanto-osaan on saatu mahtumaan hyvät ja selkeät perusohjeet ottaen huomioon mobiilikäyttöliittymän rajoitettu tila. Aurasman Youtube-kanavalta löytyy hyvä ohjevideo sovellusten luomiseen selaimella (*How to Create an Aura inside Aurasma*). Wikituden ohjeet eivät auta käyttäjää lainkaan, koska ne ovat liian yleisellä tasolla ja vain muutaman lauseen mittaisia. Ohjeet on myös selkeästi laadittu teknisesti orientoituneelle käyttäjälle. BirdsView AugmentedGalleryn yleisohje on hieman liian yleisellä tasolla, eikä se opasta käyttäjää riittävästi vaihe vaiheelta. Kuvakaappaukset kuitenkin ovat havainnollisia.

3.4.4 Sisällöntuotanto-osan helppokäyttöisyys

Sisällöntuotanto-osien käytön intuitiivisuutta arvioitaessa on Layar Creatorin käyttö osin intuitiivisia, mutta osin käyttäjä jää sovelluksen armoille miettimään, mitä pitäisi tehdä, ja saattaa joutua etsimään ohjeitakin. Aurasma Studiossa ja Aurasma-selaimen sisällöntuotanto-osassa on selvästi pyritty sisällöntuotannon luontevaan ja askeleltaiseen etenemiseen. Wikitude Publish Toolin käyttö on intuitiivista, ja se on rakennettu sisällöntuotannon osalta vaiheittain eteneväksi. BirdsView AugmentedGallery ei ohjaa kovin hyvin sisällönluomisen alkuun, mutta se ei tarjoa liiaksi vaihtoehtojaakaan, joten käyttäjällä ei ole juurikaan ongelmia päättää mistä aloittaa. Kirjautumisen jälkeinen näyttö tarjoaa kartan, jonka yhtenä toimintona on *Create*. Kartalta on hieman hankala zoomata haluttuun kohteeseen, ja kartan hakutoiminto on jopa harhaanjohtava sisällönluojan näkökulmasta, sillä se etsii luotuja POI:ta, ei osoitteita, kaupunkeja tai maita, kuten olettaisi. Kun käyttäjä on päässyt sisällönluomisnäkömään, sovellus ohjeistaa hyvin, miten POI:t merkitään kartalle.

Osa sisällöntuotanto-osista saattaa vaatia käyttäjältä myös muiden sovellusten käyttöä ja osaamista. Jos Layar Creatoriin tai Aurasma Studioon ladattava kuva ei ole luonnostaan oikean kokoinen, tarvitaan kuvankäsittelytaitoa kuvan koon muuttamiseksi. Jos kuva on laadultaan liian huono, käyttäjän on ymmärrettävä itse, miten parantaa kuvan laatua tai kokeiltava jonkun toisen kuvan lataamista sisällöntuotanto-osaan. Kun sisältöjä luodaan Aurasma-selaimen sisällöntuotanto-osalla, referenssikuvaksi tarvitaan jokin käyttäjän fyysisessä ympäristössä oleva kuva (kuten printtikuva tai luontivaiheessa käyttäjän ympäristöstä kuvattava objekti). Augmentoinniksi valitaan Aurasma-selaimen tarjoama valmis animaatio, mobiililaitteella valmiina tallessa oleva kuva tai ko. hetkellä mobiililaitteen kameralla otettava kuva. Aurasma itse käsittelee kuvat sopivan kokoisiksi, joten kuvankäsittelytaitoja ei tarvita. Jos käyttäjä haluaa käyttää augmentointeina omia kuvia, niitä täytyy osata tuottaa mobiililaitteella tai siirtää mobiililaitteelle vaikkapa tietokoneelta. Wikitude Publish Toolia käytettäessä vaaditaan lähes varmasti kuvankäsittelytaitoa (kuvan koon muuttaminen ja tiedostomuodon muuttaminen). Luotavan sisältökokonaisuuden tunnistuskuvake tulee olla täsmälleen kokoa 512 x 512 pikseliä ja .png-muotoinen (ISO/IEC 15948:2004 2004), joten on epätodennäköistä, että käyttäjällä on kriteerit täyttävä kuva sattumalta valmiina. Myös paikkatiedon esittämiseen tarvittava KML-tiedosto (Open Geospatial Consortium (OGC) 2013) täytyy osata luoda. Se ei vaadi sinänsä teknistä osaamista, sillä käyttäjä voi luoda kartan Google Mapsin (Google Maps 2013) avulla merkitsemällä halutut paikat kartalle ja ladata niiden paikkatiedon automaattisesti syntyvänä KML-tiedostona ulos Google Mapsista. Käyttäjä ei kuitenkaan välttämättä osaa ilman ohjeita luoda karttaa ja ladata KML-tiedostoa Google Mapsista. Tuotettaessa sisältöä BirdView AugmentedGallerylla tarvitaan myös mahdollisesti kuvankäsittelytaitoa kuvan koon muuttamiseksi, jos se on sovelluksen vaatimaa maksimikokoa suurempi.

Layar Creatorissa käyttäjälle ei anneta ennalta tietoa koskien siihen ulkoapäin tuotavien kuvien oikeaa kuvakokoa — ohje oikeasta kuvakoosta tulee näkyviin vasta sitten, kun käyttäjä koettaa lisätä vääränkokoista kuvaa. Hyväksytyistä tiedostomuodoista kuitenkin löytyy ennalta tietoa. Olemassaolevasta dokumentaatiosta saattaa huolella etsimällä löytää tiedon oikeasta kuvakoosta. Aurasma Studiossa on ennalta hyvin tietoa vaadittavasta kuvakoosta, myös *Aurasma Partner Guidelines* -oppaasta löytyy tietoa. Aurasma Studion ohjeistus antaa hieman liian herkästi tietoa, ettei referenssikuva ole laadultaan riittävän hyvä, vaikka se olisikin käyttökelpoinen. Tällöin käyttäjää opastetaan seuraavassa vaiheessa maskaamaan (mask) kuvaa sovelluksen omilla työkaluilla. Maskaaminen saattaa olla terminä omituinen, eikä käy suoraan ilmi, miten maskaaminen tapahtuu, mutta käyttöohjeesta löytyy lopulta hieman apua tähän. Toisaalta käyttäjä voi jättää huomiotta kuvan laatuun liittyvän varoituksen ja ehdotuksen maskata kuva, ja jatkaa eteenpäin luottaen siihen, että kuva toimii referenssikuvana. Se että sovellus itsessään ei estä huomiottajättämistä, voi olla edistyneemmän käyttäjän näkökulmasta hyvä asia, mutta noviisikäyttäjän näkökulmasta huono asia, mikäli AR-selain ei tunnista referenssikuvaa sisältöjä katsottaessa. Aurasma-selaimen sisällöntuotanto-osa muuttaa itse augmentoitavan kuvan sopivankokoiseksi. Referenssikuvaa valitessaan käyttäjä saa palautetta, jos kuva ei ole riittävän hyvälaatuinen. Sisällöntuotanto-osa ei kuitenkaan välttämättä kerro, mitä käyttäjä voi tehdä referenssikuvan laadun parantamiseksi, kuten etsiä uuden referenssikuvan ympäristöstään tai koettaa skannata referenssikuvaa paremmassa valaistuksessa. Wikituden WWW-sivujen *Knowledge Base* -osoista löytyy jo ennalta tieto sisältökokonaisuuteen liitettävän pakollisen kuvan vaaditusta kuvakoosta ja tiedostomuodosta, myös Wikitude Publish Tool -sisällöntuotanto-osassa vaadittu kuvakoko ja tiedostomuoto on ilmaistu selkeästi, ennen kuin käyttäjä alkaa lataamaan kuvaa. Myös BirdsView AugmentedGallery kertoo käyttäjälle POI:ta luotaessa siihen liittyvien kuvien sallitun maksimikoon jo ennen kuvien lisäämistä.

Layar Creatorissa käytetään luotavasta sisältökokonaisuudesta (layer) nimitystä *campaign*, termiä *page* käytetään referenssikuvasta. Nämä termit eivät välttämättä kerro käyttäjälle, mistä on kyse, etenkin termiä *campaign* ei ole kovin hyvin selitetty. Aurasma Studiossa luotavasta sisältökokonaisuudesta käytetään johdonmukaisesti termiä *aura*. Referenssikuvasta käytetään termiä *trigger image*, mutta ladattaessa ko. kuvaa sisällöntuotanto-osaan siitä käytetäänkin yhdessä kohtaa nimitystä *training image*. Osa käytetyistä termeistä vaatii tarkempaa selitystä (kuten *channel*). Termit on selitetty kuitenkin melko hyvin käyttöohjeissa. Samoin Aurasma-selaimen sisällöntuotanto-osassa luotavasta sisältökokonaisuudesta käytetään nimitystä *aura* johdonmukaisesti ja muu terminologia on melko johdonmukaista. Myös Aurasma-selaimen sisällöntuotanto-osassa esimerkiksi termi *channel* vaatisi tarkempaa selitystä. Wikitude Publish Toolissa luotavasta sisältökokonaisuudesta käytetään termiä *world*. Kun käyttäjä alkaa luoda sisältöä, vierasta terminologiaa ei käytetä kovin paljoa. Sisällön luomiseen liittyvät tekniset termit (kuten KML-tiedosto) luovat illuusion, että käyttäjältä vaaditaan teknistä osaamista. Muut termit on selitetty ja ne ovat luonnostaan sellaisia, että käyttäjän on

niitä helpohko ymmärtää. BirdsView AugmentedGalleryn termeistä POI saattaa olla käyttäjälle outo. Sen sijaan moni muu termi on pyritty sovelluksessa selittämään (kuten POI:hin liittyvien tietojen yhteydessä *logo*- ja *image*-kuvien merkitys), muutoin on käytetty melko yleisiä termejä.

Käytönaikaiset ohjeet ovat Layar Creatorissa melko hyvin saatavissa sisällöntuotantonäkymän alalaidassa olevan pienen linkin kautta. Siitä pääsee käsiksi useisiin ohjeisiin, tilannekohtaista ohjeistusta ei kuitenkaan ole saatavilla. Myös heti kampanjan luomisen jälkeen käyttäjälle tulee tieto siitä, mistä ohjeet löytyvät. Aurasma Studioissa ohjeet ovat näkyvästi saatavilla kaiken aikaa, ja ne ovat melko hyviä, joskaan eivät täysin tilannekohtaisia. Selkeiden otsikoiden johdosta tarvittavaa ohjeistusta on helppo hakea. Aurasma-selaimessa infopainike on näkyvillä kaiken aikaa. Infopainikkeen avulla saa pop-up -tyylisiä lyhyitä selityksiä eri näytön osien merkitykselle, esimerkiksi selityksen sille, mikä on referenssikuvaa kuvattaessa näkyvä liukuväriarvitsin, jolla varmistetaan kuvan laatu. Laajempaa ohjetta ei ole saatavilla, joskaan se ei välttämättä ole tarpeellinen, kun sovelluksen luominen on hyvin opastettu. Wikitude Publish Toolilla sisältöjä luotaessa opastetekstit vaadittuihin syötekenttiin ovat näkyvissä kaiken aikaa, mutta sovelluksessa ei ole olemassa erillistä help-osiota eikä linkkiä muihin ohjeisiin. Käyttöliittymässä on myös jonkin verran ohjeistusta paikkatiedon ja sisällön määrittävistä, Publish Tooliin tuotavista KML- ja ARML (ARML 2013) -tiedostoista, tosin ei olennaisinta tietoa ei-teknisen noviisin näkökulmasta. BirdsView AugmentedGalleryssa erillisiä ohjeita ei ole saatavilla, mutta selitetekstejä kulloiseenkin sisällönluontivaiheeseen on muutoin hyvin tarjolla. Ohjeiden tarve ei ole kovin suuri näin yksinkertaisen sovelluksen ollessa kyseessä.

3.4.5 Sisällöntuotanto-osan toimivuus

Layar Creator ja Aurasma Studio ovat molemmat isoja kuvia ladattaessa suhteellisen hitaita, mutta muutoin melko vakaita ja hyvin toimivia. Aurasma-selain ei ole aina kovin vakaa. Se ei myöskään toimi aina kaikilla mobiililaitteilla ja niiden eri versioilla, esimerkiksi uusien sovelluspäivitysten välillä saattaa ilmetä ongelmia joillakin mobiililaitteilla, kun toisissa sovellus taas toimii moitteetta. Wikitude Publish Tool ja BirdsView Augmented Gallery ovat käyttöliittymiensä osalta vakaita ja toimivia.

Palautetta sovelluksen tilasta ja käyttäjän toteuttamista toimenpiteistä on Layar Creatorissa saatavilla jossain määrin, muttei johdonmukaisesti kaikkien työvaiheiden tai toimenpiteiden jälkeen. Aurasma Studio antaa melko hyvin palautetta siitä, mitä kulloinkin tapahtuu, myös isoja kuvia ladattaessa käyttäjällä on tieto, että kuvien lataus on käynnissä. Aurasma-selaimen sisällöntuotanto-osa indikoi kuvien latautumista animaation avulla, mutta joskus animaatio saattaa jäädä pyörimään, vaikkei mitään tapahtuisikaan. Ladattaessa sovelluksen tunnistekuvaa Wikitude Publish Toolilla käyttäjä ei näe automaattisesti, milloin kuva on latautunut eikä sovellus indikoi, että kuvan lataus on käynnissä — vasta selainnäköymän päivitys kertoo latauksen

onnistuneisuudesta. Eteneminen työvaiheesta toiseen on kuitenkin esitetty selkeästi. BirdsView AugmentedGalleryssa käyttäjälle on melko hyvin kerrottu ennen kunkin toimenpiteen suorittamista, mitä tulee tapahtumaan. Kaiken aikaa näkyvillä olevassa karttakuvassa myös tapahtuu muutoksia sitä mukaan kuin käyttäjä toteuttaa toimenpiteen.

Kaikkien vertailtujen sisällöntuotanto-osien käyttöliittymät ovat melko yksinkertaisia. Laya Creatorissa käyttöliittymän sisältöä voisi ehkä ryhmitellä paremmin. Aurasma-selaimen sisällöntuotanto-osa on mobiilikäyttöliittymäksi toimiva. Wikitude Publish Toolissa miinusta saa luotujen sisältökokonaisuuksien (world) hallintanäkymä (joka toimii myös aloitussivuna). Siinä on hieman erikoinen toimintalogiikka luotujen sisältökokonaisuuksien käsittelylle, ja logiikka löytyy parhaiten vahingossa kokeilemalla. Käyttäjän tulee valita näytöltä kohde, joka ei näytä heti ensisilmäyksellä valittavissa olevalta. Vasta kun käyttäjä on valinnut kohteen, hän saa näkyviin toimintovalikon, jota ei välttämättä heti huomaa. BirdsView AugmentedGalleryn käyttöliittymä on yksinkertainen, lähinnä kartan osalta saattaa tulla ongelmia. Tästä esimerkkinä sivulla 26 mainittu hakutoiminto.

Laya Creatorin käyttöliittymä vaatii muistamista joissain kohdin, koska seuraavaa työvaihetta ei ole aina kerrottu selkeästi käyttäjälle. Seuraava työvaihe on kuitenkin aina melko helposti pääteltävissä. Jos Aurasma Studiossa ensimmäisellä käyttökerralla avautuvasta vaiheittaisesta etenemisohjeesta ottaa näkyvyyttä ilmaisevan ruksin pois, saattaa joutua seuraavilla käyttökerroilla hetken aikaa miettimään, mistä lähteä liikkeelle. Toisaalta referenssikuvien, augmentoitavien kuvien ja sisältökokonaisuuksien (aura) luominen ovat omat erilliset moduulinsa ja selvästi eroteltu toisistaan käyttöliittymässä, joten luominen ilman vaiheittaista ohjetta lähtee todennäköisesti käyntiin varsin sujuvasti. Aurasma-selaimen sisällöntuotanto-osan käytön alkuvaiheessa vaatii muistamista, mistä sisältöjä pääsee luomaan. Aurojen luominen on helppoa, mutta jo luotujen aurojen selaaminen ja poistaminen vaatii muistamista. Wikitude Publish Toolin käyttöliittymä ei vaadi muistamista edellisessä kappaleessa mainittua hallintanäkymää lukuunottamatta. Myöskään BirdsView AugmentedGallery ei vaadi muistamista muutoin kuin karttanäkymän käsittelyn osalta (ks. s. 25).

3.4.6 Luotujen sisältöjen julkaisun helppous

Laya Creatorissa voisi olla ohjeistettu paremmin, missä vaiheessa sisällöt ovat testausvalmiita. Käyttäjän pitää myös itse oivaltaa tallentaa sovellus ennen kuin testauspainike aktivoituu. *Test*-painikkeen takaa löytyy kuitenkin hyvät ohjeet testausta varten. Aurasma Studioon eikä Aurasma-selaimen sisällöntuotanto-osaan ole sisällytetty varsinaista testaustoimintoa, jollei käyttäjä itse oivalla testata julkaisemalla aura ensin yksityisenä, mutta varsinaista opastusta ei tähän ole. Wikitude Publish Toolissa testaus onnistuu, jos oivaltaa mennä uudestaan editoimaan juuri luotua sisältökokonaisuutta (world), jolloin näkyviin tulee testauskoodi. Tämä on melko epätodennäköistä muutoin

kuin sattumalta tai käyttämällä aikaa käyttöliittymän tutkimiseen. Testauskoodin osalta käyttäjälle ei myöskään kerrota, kuinka koodilla pääsee testaamaan sisältökokonaisuutta, vaan sen joutuu päättelämään itse. BirdsView AugmentedGalleryssa ei ole varsinaista testausta, sillä luotavat POI:t tulevat saman tien näkyviin BirdsView-kanavalle Layariin, junaioon ja WWW-selaimen karttanäkymään.

Layar Creatorissa pitää keksiä itse, mistä sisällöt julkaistaan — testauksen jälkeen ei kerrota, että seuraava vaihe on julkaisu, vaikka käyttäjä todennäköisesti osaakin tämän päätellä. Painike *Publish* on näkyvissä sovelluksessa. Käyttäjä joutuu myös tutkimaan tarjolla olevia julkaisuvaihtoehtoja, sillä Layar tarjoaa sekä maksullisia että maksuttomia vaihtoehtoja. Aurasma Studioissa ei ole selkeää, erillistä julkaisutoimintoa. Aura tulee loppukäyttäjien saataville, kun sen on liittänyt julkiseen kanavaan. Käyttäjän tulee itse oivaltaa luoda ja määritellä kanava julkiseksi. Ohjeistusta julkaisuun löytyy *Aurasma Partner Guidelines* -oppaasta. Aurasma-selaimen sisällöntuotanto-osassa julkaisu tapahtuu sisällön luomisen viimeisessä vaiheessa ja on hieman paremmin hahmotettavissa erilliseksi julkaisuvaiheeksi kuin Aurasma Studioissa. Käyttäjälle ei kuitenkaan ole annettu kovin paljon tietoa siitä, kannattaako aura julkaista sellaisenaan vai liittyy se kanavaan (channel): erilaiset julkaisun vivahteet eivät avaudu heti käyttäjälle. Wikitude Publish Toolissa julkaisusta ei ole informoitu käyttäjää. Erittäin negatiivista on, että luotava world on heti tallennuksen jälkeen automaattisesti julkaistussa tilassa eikä *draft*-tilassa. Jos käyttäjä ei tätä oivalla, hän ei välttämättä edes huomaa koko asiaa ja keskeneräinen sisältökokonaisuus on kaikkien näkyvissä. BirdsView AugmentedGalleryssa käyttäjälle on kerrottu, että POI:ta luotaessa *Submit*-painikkeen painamisen jälkeen sisällöt tulevat näkyviin junaio- ja Layar-selaimiin BirdsView-kanavalle.

Layarilla on omia ohjeita runsaastikin saatavilla siitä, miten augmentoitujen sisältöjen olemassaolosta voi tiedottaa loppukäyttäjiä. Loppukäyttäjien opastus on Layaria käytettäessä erittäin helppoa, sillä luotujen sisältöjen katselu ei vaadi muuta kuin Layar-selaimen asentamisen ja referenssikuvien skannaamisen. Aurasmassa loppukäyttäjien opastus taas on melko vaikeaa, koska käyttäjän täytyy hakea aura selaimen auravaliokimasta ja seurata sitä (*follow*-toiminto). Vaihtoehtoisesti voi lähettää ko. auran linkin loppukäyttäjille. Luotaessa sisältöjä Aurasma-selaimen sisällöntuotanto-osalla linkin lähettäminen tapahtuu eri kohdasta kuin aurojen luonti. Wikitude-selaimessa loppukäyttäjien informointi sisällöistä on melko helppoa: käyttäjän täytyy asentaa Wikitude-selain, avata se ja etsiä haluttua sisältökokonaisuutta (world) sen nimellä tai sellaisesta sisältökategoriasta, mihin se on liitetty. BirdsView AugmentedGalleryssa loppukäyttäjien tiedottaminen sisällöistä ei myöskään ole kovin vaikea, mutta vaatii osin tarkempaa ohjeistusta. Jos loppukäyttäjä käyttää sovellusta mobiililaitteella ja -sovelluksella, hänen täytyy asentaa ja avata Layar- tai junaio-selain ja hakea niistä BirdsView-kanava. Kun käyttäjä avaa BirdsView-kanavan, saattaa yllättää, että näkyvillä on kaikkien muidenkin käyttäjien BirdsView-kanavalle luoma sisältö. Loppukäyttäjälle täytyy

siis jollakin tavoin viestiä, miten juuri hänelle tarkoitettu sisältö erottuu muusta (esim. erillinen logo, POI:den nimissä jokin tietty koodi alussa). Jos sovellusta käytetään tavallisella WWW-selaimella, loppukäyttäjää ohjeistetaan menemään sovelluksen WWW-sivuille, jossa POI:t näkyvät karttakuvassa ja niihin liitetyn lisätiedon saa avatua klikkaamalla POI:ta hiirellä.

3.4.7 Sisällöntuotannon nopeus

Samanlaisen yksinkertaisen kuvatunnistussovelluksen toteuttaminen Layar Creatorilla vei aikaa 10:17 minuuttia, Aurasma Studiolla 15:14 minuuttia ja Aurasma-selaimen sisällöntuotanto-osalla 7:02 minuuttia.

Samanlaisen paikkatietosovelluksen toteuttaminen Wikitude Publish Toolilla vei aikaa 15:00 minuuttia. Valitettavasti BirdsView AugmentedGallery ei ole ollut käytössä koko ajan tätä vertailua tehtäessä ylläpitotoimenpiteiden vuoksi, joten sisällön luomiseen kuluu aikaa ei ole saatavilla. Arviolta aikaa menee noin 10 minuuttia.

3.5 Johtopäätökset

Toteutetun vertailun perusteella on vaikea suositella mitään tiettyä AR-selainta yleisesti opettajien käyttöön. Aurasma, Layar ja Augmented Gallerylla sisältöjen luominen on helpointa, mutta kuten jo sivulla 20 on tuotu esiin, valinta on riippuvaista halutuista ominaisuuksista kuten kuvatunnistus- tai paikkatietopohjaisuudesta, tai käytettävissä olevista laitealustoista.

AR-selainta ja sisällöntuotanto-osaa valitseva opettaja hyötyisi, jos sama AR-selain ja sisällöntuotanto-osa mahdollistaisi sekä kuvatunnistus- että paikkatietopohjaisten sisältöjen toteuttamisen ilman teknistä osaamista. Valitettavasti kaikki vertaillut AR-selaimet Layaria lukuunottamatta vaativat joko-tai -valintaa: erityyppisten sisältöjen tuottaminen samaan AR-selaimeseen on maksullista tai vaatii ohjelmointitaitoa, vaikka itse selain tukisikin molempia sisältötyyppejä. Layariin on mahdollista tuottaa sekä kuvatunnistus- että paikkatietopohjaista sisältöä, mutta tämä vaatii eri sisällöntuotanto-osien käyttöä: Layar Creatoria kuvatunnistussisällön tuottamiseen ja BirdsView AugmentedGallerya paikkatietosisällön tuottamiseen. AR-selaimissa ja niiden sisällöntuotanto-osissa on myös erilaisia haluttujen sisältöjen tuottamista koskevia rajoitteita, jotka voivat vaikuttaa käyttöhalukkuuteen. Esimerkiksi Layarin tapauksessa AugmentedGallerylla tuotettava paikkatietosisältö on täysin julkista kaikille ja näkyy samalla kartalla kuin kaikki muu sillä tuotettu sisältö (ks. s. 30).

Joidenkin AR-selainten käyttöönottoa ja sisällöntuotantoa vaikeuttaa se, että niiden WWW-sivuilla on huonosti tai hankalasti löydettävää tietoa sisällöntuotantomahdollisuuksista. Myös ohjeiden olemassaolon, löydettävyyden ja laadun osalta on puutteita. Käyttäjä tarvitsee paljon aikaa selvittääkseen sisällöntuotannon

mahdollisuuksia. AR-selaimet kehittyvät niin nopeaa vauhtia, että selainvalmistajien WWW-sivutkin tuntuvat olevan jatkuvassa myllerryksessä. Tämä saattaa olla yksi syy osin huonoon tilanteeseen ohjeiden ja niiden löydettävyyteen liittyvien epäkohtien osalta.

3.6 Yhteenveto

AR-selainten sisällöntuotanto-osissa on vielä kehitettävää niin käyttöliittymien kuin käytettävyydenkin osalta. Ohjeistusten parempi integrointi itse sisällöntuotanto-osiin olisi suureksi avuksi epävarmoille tai kokemattomille käyttäjille. Olemassaolevilla AR-selainten sisällöntuotanto-osilla on kuitenkin mahdollista toteuttaa vähintäänkin oppimista elävöittäviä sisältöjä. AR-sisällöt voivat tarjota tukea luokkahuoneen ulkopuolissa, autenttisissa ympäristöissä tapahtuvalle oppimiselle, joka ilman niitä saattaisi olla satunnaisempaa ja jäsentymättömämpää. Esimerkiksi näkymättömissä olevia asioita voidaan havainnollistaa uudella tavalla AR-sisältöjen avulla. Myös oppilaat voidaan ottaa mukaan toteuttamaan sisältöjä. Havainnollistaessaan jotakin asiaa tai toimintaperiaatetta muille he joutuvat miettimään sitä itsekin ja oppivat samalla, lisäksi opitaan multimodaalisten sisältöjen toteuttamista (Billinghurst & Dünser 2012, 59). Opettajalta vaaditaan kuitenkin vaivannäköä, jotta AR tarjoaisi jotakin uutta verrattuna perinteisiin menetelmiin. Kaikkein tärkeintä on, että opettaja on ylipäänsä miettinyt AR:n soveltumista omaan opetukseensa: kannattaako hänen lähteä toteuttamaan AR-sisältöjä vai ajavatko perinteiset opetusmenetelmät ja -teknologiat saman asian helpommalla tavalla.

AR itsessään on vielä monelle aivan uutta, joten AR:n toimintaperiaatteiden hahmottaminen ylipäänsä vaatii hieman sulattelua, ehkä jopa enemmän kuin itse sisällöntuotanto-osien käytön opettelu. AVO2-hankkeessa toteutettujen AR-koulutusten⁵ perusteella vaikuttaa siltä, että noviisikäyttäjien on vaikeaa oivaltaa WWW-selaimessa tapahtuvan sisällöntuotannon ja AR-selaimella mobiililaitteessa tapahtuvan testaamisen suhdetta toisiinsa. Tässä mielessä Aurasma-selaimen integroitu sisällöntuotanto-osan käyttö saattaa helpottaa asiaa. Kaikkien vertailtujen sisällöntuotanto-osien käytön opettelu vaatii jonkin verran aikaa alussa, mutta melko nopeasti käyttäjä pystyy tuottamaan sisältöjä aikavertailuja nopeamminkin. Monimutkaisten AR-sisältöjen toteuttaminen vaatii tietysti myös hieman enemmän suunnittelua ja aikaa.

Augmentointien osalta on todettava, että vaikka moni AR-selain mahdollistaa myös kolmiulotteisten augmentointien esittämisen, isolle osalle käyttäjistä ongelmaksi muodostuu kolmiulotteisten mallien saatavuus. Joitakin maksuttomia 3D-malleja löytyy

⁵ AR-koulutusten toteuttamisesta ja niistä saaduista kokemuksista löytyy lisätietoa artikkelista *Kokemuksia ja opittua lisätyn todellisuuden koulutuksista*, joka löytyy AVO2-hankkeen julkaisusta *Kohti uusia ulottuvuuksia. Kokemuksia kolmiulotteisista ja mobiileista oppimis- ja osallistumisympäristöistä* (<http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-44-9342-3>).

Internetistä. Ne saattavat kuitenkin tuntua paitsi omaan käyttötarkoitukseen soveltumattomilta, myös liian vaativilta ottaa käyttöön mm. monille vielä tuntemattomien tiedostomuotojensa vuoksi.

Kokonaan oma ja avoin lukunsa on tietysti AR-selainten tulevaisuus ja vakiintuminen jokapäiväisessä käytössä olevaksi teknologiaksi, digitaalisen ja fyysisen sisällön yhdistäväksi käyttöliittymäksi. Esimerkiksi tarkasteltaessa lisättyä todellisuutta Gartnerin nousevien teknologioiden kehittymistä kuvaavalla käyrällä on vielä arvoitus, lunastaako AR sille asetetut odotukset (Gartner 2013). Ratkaistavana on niin teknisiä, kiinnostavan sisällön olemassaoloon kuin käyttökokemukseenkin liittyviä haasteita (Langlotz, Grubert & Grasset 2013; Grubert, Langlotz & Grasset 2011).

Lähteet

Adams, D.A., Nelson, R.R. & Todd, P.A. 1992. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology: A Replication. *MIS Quartely*, vol. 16, no. 2, pp. 227–247.

Android. 2013. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 24.11.2013]. Saatavissa: <http://www.android.com/>

Apple. 2013. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 24.11.2013]. Saatavissa: <http://www.apple.com/ios/>

ARML 1.0 Specification for Wikitude. 2013. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 24.11.2013]. Saatavissa: <http://openarml.org/wikitude4.html>

Augmented Reality SDK Comparison. 2013. [WWW-dokumentti]. Last updated 23.10.2013. [Viitattu 29.9.2013]. Saatavissa: <http://socialcompare.com/en/comparison/augmented-reality-sdks>

Augmented Planet. 2012. Readers Choice Awards 2012 – Results. [WWW-dokumentti]. 31.10.2012. [Viitattu 29.9.2013]. Saatavissa: <http://www.augmentedplanet.com/2012/10/readers-choice-awards-2012-results/>

Aurasma. 2013. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 29.9.2013]. Saatavissa: <http://www.aurasma.com/>

Azuma, R.T. 1997. A Survey of Augmented Reality. *In Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 6, no. 4, pp. 355–385.

Billinghurst, M. & Dünser, A. 2012. Augmented Reality in the Classroom. *Computer*, vol. 45, no. 7, pp. 56-63.

BirdsView. 2013. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 29.9.2013]. Saatavissa: <http://www.birdsview.de/>

BirdsView AugmentedGallery. 2013. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 29.9.2013]. Saatavissa: <http://www.birdsview.de/products/augmentedgallery/>

Blackberry. 2013. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 24.11.2013]. Saatavissa: <http://www.blackberry.com>

Bowman, D.A., Kruijff, E., LaViola jr, J.J. & Poupyrev, I. 3D User Interfaces. Theory and Practice. Boston: Addeison-Wesley.

Carmigniani J. & Furht, B. 2011. *Augmented Reality: An Overview*. In B. Furht (ed.) *Handbook of Augmented Reality*. New York: Springer. Comparing AR Browsers. 2010. [WWW-dokumentti]. 23.11.2010. [Viitattu 29.9.2013]. Saatavissa: <http://mobilegeo.wordpress.com/2010/11/23/comparing-ar-browsers/>

Davis, F.D. 1989. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quartely*, vol. 13, no. 3, pp. 319–340.

Elinich, K.J. 2011. *Augmented Hands-On: An Evaluation of the Impact of Augmented Reality Technology on Informal Science Learning Behavior*. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 10.1.2014]. Väitöskirja. Pepperdine University, Graduate School of Education and Psychology. Saatavissa: <http://www.editlib.org/p/121382>

Gartner. 2013. Gartner's 2013 Hype Cycle for Emerging Technologies Maps Out Evolving Relationship Between Humans and Machines. [Lehdistötiedote]. [Viitattu 27.1.2013]. Saatavissa: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2575515>

Grubert, J., Langlotz, T. & Grasset, R. 2011. Augmented reality browser survey. Institute for Computer Graphics and Vision. University of Technology Graz. Technical Report Number 1101.

Google Maps. 2013. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 24.11.2013]. Saatavissa: <http://maps.google.com/>

Google Play. 2013. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 24.11.2013]. Saatavissa: <https://play.google.com/store>

In2AR. 2014. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 13.1.2014]. Saatavissa: <http://www.in2ar.com/>

ISO 9241-11. 1998. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 11: Guidance on usability. Geneva: International Organization for Standardization (ISO).

ISO/IEC 15948:2004. 2004. Information technology — Computer graphics and image processing — Portable Network Graphics (PNG): Functional specification. Geneva: International Organization for Standardization (ISO).

junaio. 2013. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 24.11.2013]. Saatavissa: <http://www.junaio.com>

Kankaanranta, M., Palonen, T., Kejonen, T. & Ärje, J. 2011. *Tieto- ja viestintätekniikan merkitys ja käyttömahdollisuudet koulun arjessa*. Teoksessa M. Kankaanranta (toim.) Opetusteknologia koulun arjessa. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 29.9.2013]. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, Koulutuksen tutkimuslaitos. Saatavissa: http://ktl.jyu.fi/img/portal/19717/D094_netti.pdf

Klopfer, E. & Squire, K. 2008. Environmental Detectives — the development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Education Tech Research Dev*, vol. 56, no. 2, pp. 203–228.

Korvenranta, H. 2005. *Asiantuntija-arvioinnit*. Teoksessa S. Ovaska, A. Aula & P. Majaranta (toim.) Käytettävyytutkimuksen menetelmät. Tampere: Tampereen yliopisto. Tietojenkäsittelytieteiden laitos. B–2005–1.

Langlotz, T., Grubert, J. & Grasset, R. 2013. Augmented Reality Browsers: Essential Products or Only Gadgets? How lessons learned from the evolution of the Web and Web browsers can influence the development of AR browsers. *Viewpoint. Communications of the ACM*, vol, 56, no. 11, pp. 34–38.

Layar. 2013. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 29.9.2013]. Saatavissa: <http://www.layar.com/>

Metaio. 2013. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 29.9.2013]. Saatavissa: <http://www.metaio.com/>

Milgram, P. & Kishino, F. 1994. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IE-ICE Transactions on Information Systems*, vol. E77-D, no. 12, pp. 1321–1329.

Molich, R. & Nielsen, J. 1990. Improving a Human-Computer Dialogue. *Communications of the ACM*, vol. 33, no. 3, pp. 338–348.

Nielsen, J. 1995. 10 Heuristics for User Interface Design. [WWW-dokumentti]. 1.1.1995. NN/g Nielsen Norman Group. [Viitattu 29.9.2013]. Saatavissa: <http://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>

Open Geospatial Consortium (OGC). 2013. KML. [WWW-dokumentti]. 23.4.2012 [Viitattu 24.11.2013]. Saatavissa: <http://www.opengeospatial.org/standards/kml/>

Palonen, T., Kankaanranta, M., Tirronen, M. & Roth, J. 2011. *Tieto- ja viestintäteknikan käyttöönotto suomalaiskouluissa — haasteita ja mahdollisuuksia*. Teoksessa M. Kankaanranta & S. Vahtivuori-Hänninen (toim.) *Opetusteknologia koulun arjessa II*. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 29.9.2013]. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto., Koulutuksen tutkimuslaitos. Saatavissa: http://ktl.jyu.fi/img/portal/21724/Verkkoversio_102.pdf

Specht, M., Ternier, S. & Greller, W. 2011. Dimensions of Mobile Augmented Reality for Learning: A First Inventory. [Verkkolehti]. *Journal of the Research Center for Educational Technology (RCET)*, vol. 7, no. 1, pp. 117-127. [Viitattu 17.1.2014]. Saatavissa: <http://www.rcetj.org/index.php/rcetj/article/view/151/241>

Vuforia. 2014. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 13.1.2014]. Saatavissa: <https://www.vuforia.com/>

Wagner, D. 2013. History of Mobile Augmented Reality. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 29.9.2013]. Saatavissa: <https://www.icg.tugraz.at/~daniel/HistoryOfMobileAR/>

Wikitude. 2013. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 29.9.2013]. Saatavissa: <http://www.wikitude.com/>

Youtube. 2013. Aurasma Channel. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 24.11.2013]. Saatavissa: <http://www.youtube.com/user/AurasmaLite>

Liite 1. Seurannan alkamisen nopeus ja vakaus

Tunnistukseen kuluva aika (frame)				Poikkeama keskiarvosta (itseisarvo)		
	In2AR	Metaio	Vuforia	In2AR	Metaio	Vuforia
1	9	13	11	0,8	1,4	5,1
2	8	11	5	0,2	0,6	0,9
3	8	11	5	0,2	0,6	0,9
4	8	12	6	0,2	0,4	0,1
5	8	12	6	0,2	0,4	0,1
6	8	11	5	0,2	0,6	0,9
7	9	11	6	0,8	0,6	0,1
8	8	12	5	0,2	0,4	0,9
9	8	12	5	0,2	0,4	0,9
10	8	11	5	0,2	0,6	0,9
keskiarvo (f)	8,20	11,60	5,90			
keskiarvo (ms)	273	387	197			
absoluuttinen virhe (poikkemien keskiarvo)				0,32	0,6	1,08
Absoluuttisen virheiden keskiarvo (frame)	0,67					
Absoluuttisen virheiden keskiarvo (ms)	22,22					

Kuva kallistettu vaak-akselin ympäri maksimi jossa tunnistus tapahtuu				Poikkeama keskiarvosta (itseisarvo)		
	In2AR	Metaio	Vuforia	In2AR	Metaio	Vuforia
1	45	70	60	4,5	0,5	1,5
2	50	65	65	0,5	4,5	3,5
3	55	65	65	5,5	4,5	3,5
4	50	75	55	0,5	5,5	6,5
5	45	75	65	4,5	5,5	3,5
6	50	65	55	0,5	4,5	6,5
7	50	70	60	0,5	0,5	1,5
8	45	65	60	4,5	4,5	1,5
9	50	75	65	0,5	5,5	3,5
10	55	70	65	5,5	0,5	3,5
keskiarvo	49,50	69,50	61,50			
absoluuttinen virhe (poikkemien keskiarvo)				2,7	3,6	3,5
Absoluuttisen virheiden keskiarvo	3,27					

Kuva kallistettu vaak-akselin ympäri maksimi jossa tunnistus tapahtuu				Poikkeama keskiarvosta (itseisarvo)		
	In2AR	Metaio	Vuforia	In2AR	Metaio	Vuforia
1	45	75	65	5,5	5	4,5
2	55	70	65	4,5	0	4,5
3	55	65	60	4,5	5	0,5
4	50	75	55	0,5	5	5,5
5	55	65	60	4,5	5	0,5
6	50	70	55	0,5	0	5,5
7	45	65	60	5,5	5	0,5
8	55	70	65	4,5	0	4,5
9	50	75	60	0,5	5	0,5
10	45	70	60	5,5	0	0,5
keskiarvo	50,50	70,00	60,50			
Absoluuttinen virhe (poikkemien keskiarvo)				3,6	3	2,7
Absoluuttisen virheiden keskiarvo	3,1					

Liite 2. Maksimi- ja minimietäisyydet seurannalle ja sen alkamiselle

Minimi tunnistus etäisyys				Poikkeama keskiarvosta (itseisarvo)		
	In2AR	Metaio	Vuforia	In2AR	Metaio	Vuforia
1	21	10	8	0,4	0,4	0
2	21	11	9	0,4	0,6	1
3	22	10	9	1,4	0,4	1
4	20	10	9	0,6	0,4	1
5	22	10	9	1,4	0,4	1
6	21	11	7	0,4	0,6	1
7	20	12	7	0,6	1,6	1
8	20	11	7	0,6	0,6	1
9	19	10	7	1,6	0,4	1
10	20	9	8	0,6	1,4	0
keskiarvo (f)	20,60	10,40	8,00			
absoluuttinen virhe (poikkemien keskiarvo)				0,8	0,68	0,8
Absoluuttisen virheiden keskiarvo	0,76					

Maksimi tunnistus etäisyys				Poikkeama keskiarvosta (itseisarvo)		
	In2AR	Metaio	Vuforia	In2AR	Metaio	Vuforia
1	130	210	180	3	0	6
2	130	210	200	3	0	14
3	130	220	200	3	10	14
4	140	210	180	7	0	6
5	140	220	180	7	10	6
6	140	210	180	7	0	6
7	130	210	180	3	0	6
8	130	200	190	3	10	4
9	130	210	190	3	0	4
10	130	200	180	3	10	6
keskiarvo	133,00	210,00	186,00			
absoluuttinen virhe (poikkemien keskiarvo)				4,2	4	7,2
Absoluuttisen virheiden keskiarvo	5,13					

Minimi seuranta etäisyys				Poikkeama keskiarvosta (itseisarvo)		
	In2AR	Metaio	Vuforia	In2AR	Metaio	Vuforia
1	14	6	1	0,1	0,3	0,9
2	16	6	1	1,9	0,3	0,9
3	16	8	3	1,9	1,7	1,1
4	12	4	3	2,1	2,3	1,1
5	12	8	2	2,1	1,7	0,1
6	13	6	2	1,1	0,3	0,1
7	14	6	2	0,1	0,3	0,1
8	14	6	1	0,1	0,3	0,9
9	15	7	2	0,9	0,7	0,1
10	15	6	2	0,9	0,3	0,1
keskiarvo	14,10	6,30	1,90			
absoluuttinen virhe (poikkemien keskiarvo)				1,12	0,82	0,54
Absoluuttisen virheiden keskiarvo	0,83					

Maksimi seuranta etäisyys				Poikkeama keskiarvosta (itseisarvo)		
	In2AR	Metaio	Vuforia	In2AR	Metaio	Vuforia
1	400	300	450	5	19	1
2	400	280	500	5	1	21
3	390	280	500	5	1	21
4	400	280	460	5	1	19
5	410	270	480	15	11	1
6	440	310	470	45	29	9
7	350	270	500	45	11	21
8	380	280	480	15	1	1
9	390	270	470	5	11	9
10	390	270	480	5	11	1
keskiarvo	395,00	281,00	479,00			
absoluuttinen virhe (poikkemien keskiarvo)				15	9,6	10,4
Absoluuttisen virheiden keskiarvo	11,67					

Liite 3. Seurannassa ja sen aloittamisessa vaadittu näkyvä alue referenssikuvassa

Seurannan aloituksessa vaadittu näkyvä alue pystysuunnassa				Poikkeama keskiarvosta (itseisarvo)		
	In2AR	Metaio	Vuforia	In2AR	Metaio	Vuforia
1	40	90	20	9	1	1
2	30	90	20	1	1	1
3	30	90	25	1	1	4
4	25	85	20	6	4	1
5	25	80	20	6	9	1
6	35	90	20	4	1	1
7	30	95	20	1	6	1
8	35	90	25	4	1	4
9	30	90	20	1	1	1
10	30	90	20	1	1	1
keskiarvo (f)	31,00	89,00	21,00			
absoluuttinen virhe (poikkemien keskiarvo)				3,4	2,6	1,6
Absoluuttisen virheiden keskiarvo	2,53					

Seurannan aloituksessa vaadittu näkyvä alue vaakasuunnassa				Poikkeama keskiarvosta (itseisarvo)		
	In2AR	Metaio	Vuforia	In2AR	Metaio	Vuforia
1	30	85	25	2	2	5
2	30	90	20	2	3	0
3	40	85	20	8	2	0
4	30	85	20	2	2	0
5	30	85	15	2	2	5
6	30	90	15	2	3	5
7	35	90	20	3	3	0
8	35	90	20	3	3	0
9	30	90	20	2	3	0
10	30	80	25	2	7	5
keskiarvo	32,00	87,00	20,00			
absoluuttinen virhe (poikkemien keskiarvo)				2,8	3	2
Absoluuttisen virheiden keskiarvo	2,6					

Seurannan aikana vaadittu näkyvä alue pystysuunnassa				Poikkeama keskiarvosta (itseisarvo)		
	In2AR	Metaio	Vuforia	In2AR	Metaio	Vuforia
1	20	85	20	1,5	1	1,5
2	25	85	20	3,5	1	1,5
3	20	85	15	1,5	1	3,5
4	20	90	15	1,5	4	3,5
5	25	85	20	3,5	1	1,5
6	20	80	20	1,5	6	1,5
7	20	95	25	1,5	9	6,5
8	20	80	15	1,5	6	3,5
9	25	95	15	3,5	9	3,5
10	20	80	20	1,5	6	1,5
keskiarvo	21,50	86,00	18,50			
Absoluuttinen virhe (poikkemien keskiarvo)				2,1	4,4	2,8
Absoluuttisen virheiden keskiarvo	3,1					

Seurannan aikana vaadittu näkyvä alue vaakasuunnassa				Poikkeama keskiarvosta (itseisarvo)		
	In2AR	Metaio	Vuforia	In2AR	Metaio	Vuforia
1	20	90	15	2	4,5	2
2	20	85	20	2	0,5	3
3	25	85	15	3	0,5	2
4	20	90	20	2	4,5	3
5	25	85	15	3	0,5	2
6	20	75	15	2	10,5	2
7	20	85	20	2	0,5	3
8	20	85	20	2	0,5	3
9	25	90	15	3	4,5	2
10	25	85	15	3	0,5	2
keskiarvo	22,00	85,50	17,00			
Absoluuttinen virhe (poikkemien keskiarvo)				2,4	2,7	2,4
Absoluuttisen virheiden keskiarvo	2,5					

Liite 4. Maksimikulmat joissa seuranta toimii

kuva kallistettu vaak akselin ympäri				Poikkeama keskiarvosta (itseisarvo)		
	In2AR	Metaio	Vuforia	In2AR	Metaio	Vuforia
1	75	80	70	0	4,5	6,5
2	75	70	75	0	5,5	1,5
3	80	75	80	5	0,5	3,5
4	75	70	75	0	5,5	1,5
5	75	80	80	0	4,5	3,5
6	70	75	75	5	0,5	1,5
7	70	75	75	5	0,5	1,5
8	75	75	80	0	0,5	3,5
9	80	80	75	5	4,5	1,5
10	75	75	80	0	0,5	3,5
keskiarvo (f)	75,00	75,50	76,50			
absoluuttinen virhe (poikkemien keskiarvo)				2	2,7	2,8
Absoluuttisen virheiden keskiarvo	2,5					

kuva kallistettu pysty akselin ympäri				Poikkeama keskiarvosta (itseisarvo)		
	In2AR	Metaio	Vuforia	In2AR	Metaio	Vuforia
1	80	85	80	2	4,5	1,5
2	80	80	85	2	0,5	3,5
3	80	80	85	2	0,5	3,5
4	70	75	80	8	5,5	1,5
5	75	80	75	3	0,5	6,5
6	70	80	85	8	0,5	3,5
7	75	80	80	3	0,5	1,5
8	80	85	80	2	4,5	1,5
9	85	80	85	7	0,5	3,5
10	85	80	80	7	0,5	1,5
keskiarvo	78,00	80,50	81,50			
absoluuttinen virhe (poikkemien keskiarvo)				4,4	1,8	2,8
Absoluuttisen virheiden keskiarvo	3					

Liite 5. Koekäyttäjiltä saadut arvosanat kehitysalustojen ominaisuuksille

Seurannan alkaminen ja uudestaan alkaminen			
	In2AR	Metaio	Vuforia
Henkilö 1	4	5	5
Henkilö 2	4	5	5
Henkilö 3	4	5	5
Henkilö 4	5	4	5
Henkilö 5	3	5	5
Henkilö 6	3	5	5
Henkilö 7	5	5	5
Henkilö 8	5	5	5
Henkilö 9	4	5	4
Henkilö 10	4	5	5
keskiarvo	4,1	4,9	4,9

Seurannan kiinni pysyminen			
	In2AR	Metaio	Vuforia
Henkilö 1	3	3	5
Henkilö 2	4	3	5
Henkilö 3	3	4	5
Henkilö 4	3	3	4
Henkilö 5	2	4	5
Henkilö 6	2	4	5
Henkilö 7	2	2	5
Henkilö 8	2	3	5
Henkilö 9	3	4	4
Henkilö 10	3	3	5
keskiarvo	2,7	3,3	4,8

Seurannan tarkkuus			
	In2AR	Metaio	Vuforia
Henkilö 1	2	5	5
Henkilö 2	3	5	5
Henkilö 3	3	4	5
Henkilö 4	3	4	5
Henkilö 5	2	4	5
Henkilö 6	2	4	5
Henkilö 7	2	3	3
Henkilö 8	3	3	4
Henkilö 9	3	4	4
Henkilö 10	3	5	5
keskiarvo	2,6	4,1	4,6

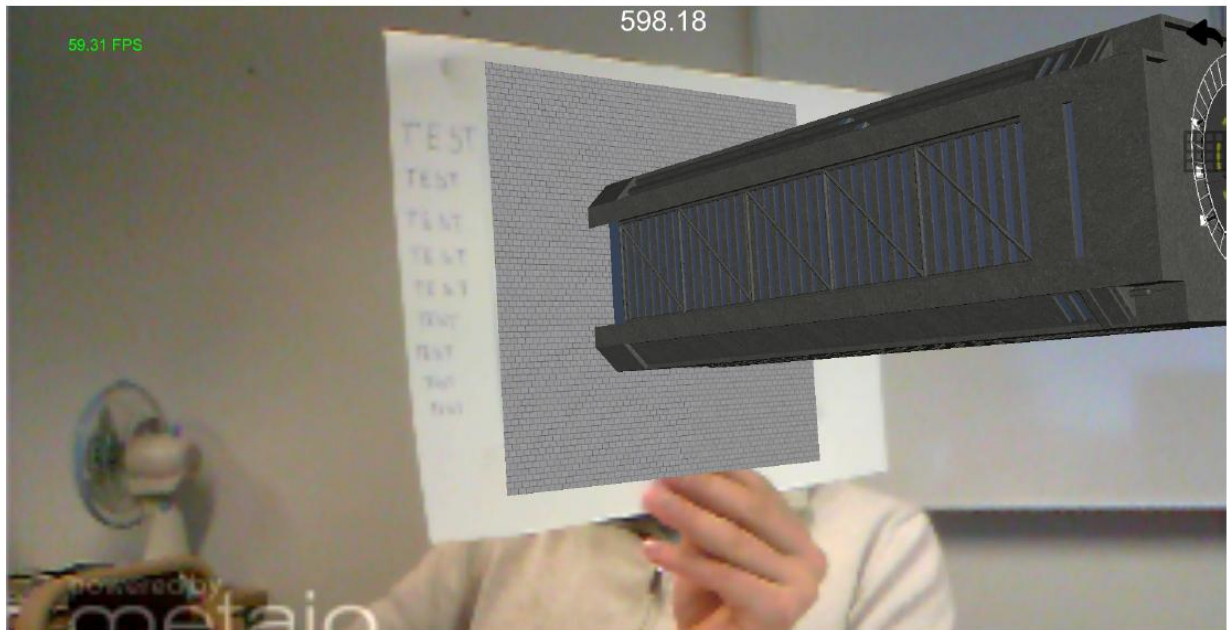
Häiriöt seurannassa			
	In2AR	Metaio	Vuforia
Henkilö 1	3	4	5
Henkilö 2	3	4	4
Henkilö 3	4	4	4
Henkilö 4	2	4	5
Henkilö 5	4	3	5
Henkilö 6	4	3	5
Henkilö 7	2	3	5
Henkilö 8	2	2	5
Henkilö 9	2	3	5
Henkilö 10	3	4	4
keskiarvo	2,9	3,4	4,7

Liite 6. Suorituskykymittaukset

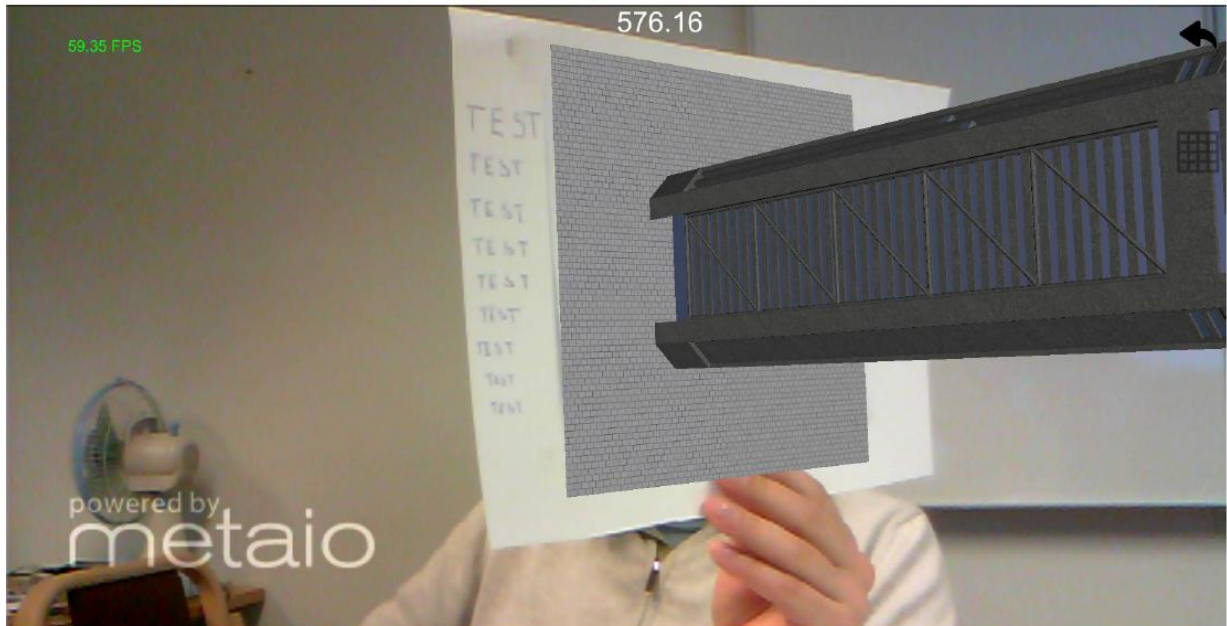
kuvanpäivitys nopeus				Poikkeama keskiarvosta (itseisarvo)		
	In2AR	Metaio	Vuforia	In2AR	Metaio	Vuforia
1	13,57	19,35	30,41	0,02	0,04	0,02
2	13,50	19,37	30,45	0,05	0,02	0,02
3	13,61	19,43	30,41	0,06	0,04	0,02
4	13,52	19,36	30,42	0,03	0,03	0,01
5	13,56	19,38	30,47	0,01	0,01	0,04
6	13,57	19,42	30,40	0,02	0,03	0,03
7	13,63	19,39	30,51	0,08	0	0,08
8	13,49	19,47	30,40	0,06	0,08	0,03
9	13,51	19,32	30,41	0,04	0,07	0,02
10	13,57	19,42	30,40	0,02	0,03	0,03
keskiarvo (f)	13,55	19,39	30,43			
absoluuttinen virhe (poikkemien keskiarvo)				0,04	0,04	0,03
Absoluuttisen virheiden keskiarvo	0,03					

Liite 7. Resoluutiovertailu

320x240 resoluutio:



640x480 resoluutio:



Liite 8. Suosituimmat AR-selaimet

ARVIOINTI / AR-SELAIN	Layar	Wikitude	Aurasma	junaio	Blippar
Keskimääräinen arvosana asteikolla 1-5 (Google Play)	3,3 (72,414 arviota)	4,2 (13,369 arviota)	2,8 (1,582 arviota)	2,6 (3,302 arviota)	2,5 (830 arviota)
Asennuksia (Google Play)	10,000,000 - 50,000,000	1,000,000 - 5,000,000	100,000 - 500,000	100,000 - 500,000	100,000 - 500,000
Sijoitus AugmentedPlanet-sivuston suosituimmuus-äänestyksessä (3 parasta)	–	1.	–	2.	3.

Ladatuimmat AR-selaimet Google Play -sovelluskaupassa (tilanne 4.9.2013) sekä AR-selainten suosituimmuus AugmentedPlanetin AR-selainvertailussa vuonna 2012 (Google Play 2013; AugmentedPlanet 2012).

Liite 9. AR-selainten sanallinen arviointi

KRITEERI / SELAIN JA SISÄLLÖNTUOTANTO-OSA	Layar & Layar Creator	Aurasma & Aurasma Studio	Aurasma & selaimen integroitu sisällöntuotanto-osa	Wikitude & Wikitude Publish Tool	junaio ja Layar & Birds View AugmentedGallery
1. AR-SELAIMEN MONIPUOLISUUS					
a) Kuvatunnistukseen perustuvien sisältöjen luominen ilman teknistä osaamista	Maksutta Layar Creator -nimisellä sisällöntuotanto-osalla, luodun sisällön julkaisu maksutta mainoksilla tai erikseen anotuilla ilmaissivuilla (yleishyödyllisille toimijatahoille)	Maksutta Aurasma Studio -nimisellä sisällöntuotanto-osalla	Maksutta Aurasma-selaimen integroidulla sisällöntuotanto-osalla	Maksullinen Wikitude Studio -nimisellä sisällöntuotanto-osalla	Kolmannen osapuolen tarjoamalla Birds View AugmentedGallery -nimisellä sovelluksella ei ole mahdollista luoda kuvatunnistussovelluksia.
b) Paikkatietoon perustuvien sisältöjen luominen ilman teknistä osaamista	Maksutta käytettäessä Birds View AugmentedGallery -sovellusta	Maksutta Aurasma Studiolla liittämällä referenssikuvan paikkatieto, jolloin referenssikuvan pohjalta augmentoitu sisältö näkyy ainoastaan määritetyssä sijainnissa.	Aurasma-selaimen integroidulla sisällöntuotanto-osalla ei ole mahdollista luoda paikkatietosovelluksia.	Maksutta Wikitude Publish Tool -nimisellä sisällöntuotanto-osalla	Maksutta käytettäessä Birds View AugmentedGallery -sovellusta
2. LAITEVAATIMUKSET					
a) Sisältöjen luominen	WWW-selainpohjainen sisällöntuotanto-osa Layar Creator	WWW-selainpohjainen sisällöntuotanto-osa Aurasma Studio	Mobiililaitteella (Android, iOS) toimiva Aurasma-selaimen integroitu sisällöntuotanto-osa	WWW-selainpohjainen sisällöntuotanto-osa Wikitude Publish Tool	WWW-selainpohjainen Birds View AugmentedGallery -sovellus
b) Selaimen käyttö	Mobiililaite (Android, iOS), tietokone (WWW-selain)	Mobiililaite (Android, iOS)	Mobiililaite (Android, iOS)	Mobiililaite (Android, iOS, Blackberry, Windows Phone)	Mobiililaite (Android, iOS), tietokone (WWW-selain)
3. SISÄLLÖNTUOTANTO-OSAN KÄYTÖN ALOITTAMISEN HELPPOUS					
a) Kuinka hyvin AR-selaimen WWW-sivuilla on tarjolla tietoa siitä, miten sisällön tuottamisen pääsee aloittamaan?	Käyttäjä joutuu hieman etsimään, mistä aloittaa sisällön tuottamisen ja miten.	Ei yhtenäistä aurojen luomisesta kertovaa sivua tai osiota, tieto löytyy useammalta eri sivulta.	Ei implisiittisesti kerrota, että Aurasma-selaimella voi tuottaa sisältöä, vaikka pääteltävissä on, että sisältöjä voi tuottaa mobiililaitteella.	Vain ennalta tietämällä tai pitkään sivuja tutkimalla käyttäjä voi löytää tiedon maksuttomasta tavasta luoda paikkatietopohjaisia sisältöjä ilman teknistä osaamista.	Käytännössä käyttäjän täytyy itse tietää sisällönluontimahdollisuudesta Birds View AugmentedGallerylla tai olla vahingossa löytänyt siitä tietoa.
b) Kuinka helppoa sisällöntuotannon aloittaminen (rekisteröityminen ja sisältöjen luonnissa alkuun pääseminen) on?	Rekisteröityminen ja käytön aloitus on helppoa, kunhan ensin löytää, mistä se tapahtuu.	Käyttäjän tulee rekisteröityä Aurasma Studion käyttäjäksi Aurasman WWW-sivujen Partners-sivulta. Tämä ei välttämättä ole luontevin paikka tavalliselle käyttäjälle lähteä rekisteröitymään.	Käytön alkuun pääseminen on helppoa Aurasma-selaimen hyvän infopainikkeen kautta.	Käyttäjä ei tiedä millään tavalla, miten pääsisi alkuun, ellei joku ole neuvonut tai käytössä ole kolmannen osapuolen laatimia ohjeita.	Kun käyttäjä on päätenyt Birds View AugmentedGalleryn WWW-sivuille, sivulta löytyy hyvin tietoa sovelluksesta ja siitä, mitä sillä voi tehdä. Rekisteröitymis- ja kirjautumispainike löytyvät helposti sovelluksen pääsivulta.

(jatkuu)

Liite 9.(jatkoa)

KRITEERI / SELAIN JA SISÄLLÖNTUOTANTO-OSA	Layar & Layar Creator	Aurasma & Aurasma Studio	Aurasma & selaimen integroitu sisällöntuotanto-osa	Wikitude & Wikitude Publish Tool	junaio ja Layar & BirdsView AugmentedGallery
3. SISÄLLÖNTUOTANTO-OSAN KÄYTÖN ALOITTAMISEN HELPPOUS					
c) Ohjeiden olemassaolo ja saatavuus	Monipuolisia ohjeita löytyy, mutta siroteltuna eri paikkoihin Layarin WWW-sivuilla.	Ohjeet on koottu Aurasman WWW-sivujen <i>About us</i> -sivulle, mikä ei ole luontevin paikka etsiä ohjeita. Ohjeet on kuitenkin koostettu listaan, mikä helpottaa niiden löytämistä.	Aurasma-selaimesta löytyy askeleittain opastava wizard aurojen luomiseen ensimmäisellä käyttökerralla. Aurojen luomisesta selainsovelluksella löytyy oma ohjeensa Aurasman WWW-sivujen <i>About us</i> -sivulta.	Hyvin yleisellä tasolla olevia, suppeita ohjeita löytyy, jos osaa etsiä.	BirdsView AugmentedGalleryn WWW-sivuilta löytyy muutaman kaappauskuvan sisältävä erittäin lyhyt yleisohje, josta ei ole juuri apua.
d) Ohjeiden laatu	Osa ohjeista on melko hyviä, mutta osa kovin suppeita. Ohjeiden monimuotoisuus (teksti ja video) on hyvä asia.	Aurasman ohjeet ovat melko hyvälaatuisia, monimuotoisia (teksti ja video) ja kattavia.	Aurasma-selaimen integroituun sisällöntuotanto-osaan on saatu mahtumaan hyvät ja selkeät perusohjeet ottaen huomioon mobiilikäyttöliittymän rajoitettu tila.	Ohjeet eivät auta käyttäjää lainkaan, koska ne ovat liian yleisellä tasolla ja vain muutaman lauseen mittaisia. Ohjeet on myös selkeästi laadittu teknisesti orientoituneelle käyttäjälle.	Yleisohje on hieman liian yleisellä tasolla, eikä se opasta käyttäjää riittävästi vaihe vaiheelta. Kuvakaappaukset kuitenkin ovat havainnollisia.
4. SISÄLLÖNTUOTANTO-OSAN HELPPOKÄYTTÖISYYS					
a) Sisällöntuotanto-osan käytön intuitiivisuus	Osin intuitiivista, osin käyttäjä jää sovelluksen armoille miettimään, mitä pitäisi tehdä, ja saattaa joutua etsimään ohjeitakin.	Pyrityt luontevaan ja askeleittaiseen etenemiseen, jota ohjeet ja niiden esitystapa tukevat.	Pyrityt luontevaan ja askeleittaiseen etenemiseen, jota ohjeet ja niiden esitystapa tukevat.	Wikitude Publish Tool -lisäosa on rakennettu askeleittain eteneväksi ja varsin intuitiiviseksi.	Sovellus itsessään ei ohjaa kovin hyvin sisällönluomisen alkuun, mutta se ei tarjoa liiaksi vaihtoehtojaakaan, joten käyttäjällä ei ole juurikaan ongelmia päättää mistä aloittaa.
b) Mitä muita sovelluksia ja osaamista sisällöntuotanto vaatii / saattaa vaatia?	Jos ladattava kuva ei ole luonnostaan oikean kokoinen, tarvitaan kuvankäsittelytaitoa kuvan koon muuttamiseksi. Jos kuva on laadultaan liian huono, on ymmärrettävä itse, miten parantaa kuvan laatua tai kokeiltava jonkun toisen kuvan lataamista sisällöntuotanto-osaan.	Jos ladattava kuva ei ole luonnostaan oikean kokoinen, tarvitaan kuvankäsittelytaitoa kuvan koon muuttamiseksi. Jos kuva on laadultaan liian huono, on ymmärrettävä itse, miten parantaa kuvan laatua tai kokeiltava jonkun toisen kuvan lataamista sisällöntuotanto-osaan.	Aurasma itse käsittelee kuvat sopivan kokoisiksi, joten kuvankäsittelytaitoja ei tarvita. Jos käyttäjä käyttää augmentointeina omia kuvia, niitä täytyy osata tuottaa mobiililaitteella tai siirtää mobiililaitteelle vaikkapa tietokoneelta.	Todennäköisesti kuvankäsittelytaitoa vaaditaan (kuvan koon muuttaminen ja tiedostomuodon muuttaminen). Myös paikkatiedon esittämiseen tarvittava KML-tiedosto täytyy osata luoda Google Mapsin avulla, vaikkei se vaadikaan teknistä osaamista.	Mahdollisesti kuvankäsittelytaito (kuvan koon muuttaminen jos se on sovelluksen vaatimaa maksimikokoa suurempi).
c) Miten sisällöntuotanto-osa tarjoaa ohjeistusta koskien siihen tuotavia sisältöjä (esim. kuvilta vaaditut tiedostomuodot sekä koko)?	Käyttäjälle ei ennalta anneta tietoa oikeasta kuvakoosta, vain hyväksytyistä tiedostomuodoista. Ohje oikeasta kuvakoosta tulee näkyviin vasta sitten, kun käyttäjä koettaa lisätä vääränkokoista kuvaa.	Ennalta on hyvin tietoa vaadittavasta kuvakoosta sekä ohjeessa että sisällöntuotanto-osassa.	Aurasma-selaimen sisällöntuotanto-osa muuttaa itse augmentoitavan kuvan sopivankokoiseksi. Käyttäjä saa palautetta, jos kuva ei ole riittävän hyvälaatuinen. Sisällöntuotanto-osa ei kuitenkaan välttämättä kerro, mitä käyttäjä voi tehdä referenssikuvan laadun parantamiseksi.	Wikituden WWW-sivujen <i>Knowledge Base</i> -osoista löytyy jo ennalta tieto vaaditusta kuvakoosta ja tiedostomuodosta, myös Publish-lisäosassa vaadittu kuvakoko ja tiedostomuoto on ilmaistu selkeästi, ennen kuin käyttäjä alkaa lataamaan kuvaa.	Sovellus kertoo käyttäjälle POI:ta luotaessa kuvien sallitun maksimikoon jo ennen kuvien lisäämistä.

(jatkuu)

Liite 9. (jatkoa)

KRITEERI / SELAIN JA SISÄLLÖNTUOTANTO-OSA	Layar & Layar Creator	Aurasma & Aurasma Studio	Aurasma & selaimen integroitu sisällöntuotanto-osa	Wikitude & Wikitude Publish Tool	junaio ja Layar & BirdsView AugmentedGallery
4. SISÄLLÖNTUOTANTO-OSAN HELPPOKÄYTTÖISYYS					
d) Sisällöntuotanto-osassa käytetyn terminologian tutuus käyttäjälle	Sisältöä (<i>layer</i>) luotaessa siitä käytetään nimitystä <i>campaign</i> ja termiä <i>page</i> referenssikuvasta. Nämä termit eivät välttämättä kerro käyttäjälle, mistä on kyse.	Luotavasta sisällöstä käytetään johdonmukaisesti termiä <i>aura</i> . Referenssikuvasta käytetään termiä <i>trigger image</i> , mutta ladattaessa ko. kuvaa sisällöntuotanto-osaan siitä käytetäänkin yhdessä kohtaa nimitystä <i>training image</i> . Osa käytetyistä termeistä vaatii tarkempaa selitystä (kuten <i>channel</i>).	Luotavasta sisällöstä käytetään johdonmukaisesti termiä <i>aura</i> . Myös muu terminologia on melko johdonmukaista kautta sovelluksen. Osa käytetyistä termeistä ei avaudu itseksensä, vaan vaatisi tarkempaa selitystä (kuten <i>channel</i>).	Luotavasta sisällöstä käytetään termiä <i>world</i> . Tämän luomiseen liittyvät teknisemmät termit (kuten KML-tiedosto) luovat illuusion, että worldin luominen vaatii teknistä osaamista. Muut termit on avattu ja luonnostaan sellaisia, että käyttäjän on niitä helpohko ymmärtää.	POI saattaa olla käyttäjälle outo termi. Sen sijaan moni muu termi on pyritty sovelluksessa selittämään (kuten POI:hin liittyvien tietojen yhteydessä <i>logo</i> - ja <i>image</i> -kuvien merkitys), muutoin on käytetty melko yleisiä termejä.
e) Käyttöohjeiden ja opasteiden käytönaikainen saatavuus	Sisällöntuotanto-osassa on sivun alalaidassa pieni linkki, josta pääsee käsiksi useisiin ohjeisiin, tilannekohtaisia ohjeistusta ei kuitenkaan olesaatavilla. Myös heti kampanjan luomisen jälkeen käyttäjälle tulee tieto siitä, mistä ohjeet löytyvät.	Ohjeet ovat näkyvästi saatavilla Aurasma Studioissa kaiken aikaa, ja ne ovat melko hyviä, joskaan eivät täysin tilannekohtaisia. Selkeiden otsikoiden johdosta tarvittavaa ohjeistusta on helppo hakea.	Aurasma-selaimessa infopainike on näkyvillä kaiken aikaa. Infopainikkeen avulla saa pop-up -tyyisiä lyhyitä selityksiä eri näytön osien merkitykselle. Laajempaa ohjetta ei ole saatavilla, joskaan se ei välttämättä ole tarpeellinenkaan, kun sovelluksen luominen on hyvin opastettu.	Sisältöjä luotaessa opastetekstit vaadittuihin syötekenttiin ovat näkyvissä kaiken aikaa, mutta sovelluksessa ei ole olemassa erillistä help-osiota eikä linkkiä muihin ohjeisiin.	Erillisiä ohjeita ei ole saatavilla, mutta selittekstejä kulloiseenkin sisällöntuotantovaiheeseen on muutoin hyvin tarjolla. Ohjeiden tarve ei ole kovin suuri näin yksinkertaisen sovelluksen ollessa kyseessä.
5. SISÄLLÖNTUOTANTO-OSAN TOIMIVUUS					
a) Sisällöntuotanto-osan vakaa ja tekninen toimivuus	Isoja kuvia ladattaessa suhteellisen hidas, muutoin melko vakaa ja toimiva.	Aurasma Studio on vakaa ja toimiva, vaikkakin hitautta ilmenee isoja kuvia ladattaessa.	Aurasma-selain ei ole aina kovin vakaa, eikä välttämättä toimi aina kaikilla laitteilla (mm. päivitysten välillä saattaa ilmetä ongelmia).	Käyttöliittymä on vakaa ja toimiva.	Käyttöliittymä on vakaa ja toimiva.
b) Antaako sisällöntuotanto-osa palautetta käyttäjälle hänen toteuttamistaan toimenpiteistä ja sovelluksen tilasta?	Jossain määrin, muttei johdonmukaisesti kaikkien työvaiheiden tai toimenpiteiden jälkeen.	Aurasma Studio antaa melko hyvin palautetta siitä, mitä kulloinkin tapahtuu, myös isoja kuvia ladattaessa käyttäjällä on tieto, että kuvien lataus on käynnissä.	Aurasma-selain indikoi kuvien latautumista animaation avulla, mutta joskus animaatio saattaa jäädä pyörimään vaikei mitään tapahtuiskaan.	Ladattaessa sovelluksen tunnistekuvaa käyttäjä ei näe automaattisesti, milloin kuva on latautunut eikä sovellus indikoi, että kuvan lataus on käynnissä. Eteneminen seuraaviin työvaiheisiin on esitetty selkeästi.	Käyttäjälle on melko hyvin kerrottu ennen kunkin toimenpiteen suorittamista, mitä tulee tapahtumaan. Kaiken aikaa näkyvillä olevassa karttakuvassa myös tapahtuu muutoksia sitä mukaa, kuin käyttäjä toteuttaa toimenpiteen.
c) Sisällöntuotanto-osan käyttöliittymän yksinkertaisuus	Käyttöliittymän sisältöä voisi ehkä ryhmitellä paremmin, ei kuitenkaan liian sekava.	Käyttöliittymä on melko yksinkertainen.	Käyttöliittymä on melko yksinkertainen, mobiilikäyttöliittymäksi toimiva.	Käyttöliittymä on yksinkertainen, tosin luotujen worldien hallintäkymässä (joka toimii myös aloitussivuna) on hieman erikoinen toimintalogiikka luotujen worldien käsittelylle.	Käyttöliittymä on yksinkertainen, lähinnä oikean paikan etsiminen kartalta saattaa aiheuttaa haasteita.

(jatkuu)

Liite 9. (jatkoa)

KRITEERI / SELAIN JA SISÄLLÖNTUONTANTO-OSA	Layar & Layar Creator	Aurasma & Aurasma Studio	Aurasma & selaimeen integroitu sisällöntuotanto-osa	Wikitude & Wikitude Publish Tool	junaio ja Layar & BirdsView AugmentedGallery
5. SISÄLLÖNTUONTANTO-OSAN TOIMIVUUS					
d) Vaatiiko sisällöntuotanto-osan käyttöliittymä muistamista?	Muistamista vaaditaan joissain kohdin, koska seuraavaa työvaihetta ei ole aina kerrottu selkeästi käyttäjälle.	Jos ensimmäisellä käyttökerralla avautuvasta vaiheittaisesta etenemisohjeesta ottaa näkyvyyttä ilmaisevan ruksin pois, saattaa joutua seuraavilla käyttökerroilla hetken aikaa miettimään, mistä lähteä liikkeelle. Toisaalta referenssikuvien, augmentointikuvien ja aurojen luominen ovat omat erilliset moduulinsa ja selvästi eroteltu toisistaan käyttöliittymässä.	Selaimen käytön alkuvaiheessa vaatii muistamista, mistä sisältöjä pääsee luomaan. Aurojen luominen on helppoa, mutta jo luotujen aurojen selaaminen ja poistaminen vaatii muistamista.	Itse käyttöliittymä ei vaadi opettelua kohdassa 5c mainittua hallintanäkymää lukuunottamatta.	Ei vaadi opettelua eikä muistamista muutoin kuin karttanäkymän käsittelyn osalta.
6. LUOTUJEN SISÄLTÖJEN JULKAISUN HELPPOUS					
a) Luotujen sisältöjen testauksen ohjeistus	Voisi olla ohjeistettu paremmin missä vaiheessa sisällöt ovat testausvalmiita, samoin käyttäjän pitää itse oivaltaa tallentaa sovellus ennen kuin testauspainike aktivoituu. <i>Test</i> -painikkeen takaa löytyy hyvät ohjeet testausta varten.	Ei varsinaista testausta, jollei itse oivalla testata julkaisemalla aura ensin yksityisenä, mutta sovellus ei varsinaisesti opasta tähän.	Ei varsinaista testausta, jollei itse oivalla testata julkaisemalla aura ensin yksityisenä, mutta sovellus ei varsinaisesti opasta tähän.	Testaus onnistuu, jos oivaltaa mennä uudestaan editoimaan juuri luotua worldia, jolloin näkyviin tulee testauskoodi. Tämä on melko epätodennäköistä muutoin kuin sattumalta tai käyttämällä aikaa tutkimiseen. Testauskoodin käyttöä ei ole myöskään ohjeistettu.	Ei varsinaista testausta, sillä luotavat POL:t tulevat saman tien näkyviin Birds View-kanavalle Layariin ja junaioon.
b) Luotujen sisältöjen julkaisun ohjeistus	Pitää keksiä itse, mistä sisällöt julkaistaan. <i>Publish</i> -painike on kuitenkin näkyvissä sovelluksessa. Käyttäjä joutuu myös tutkimaan tarjolla olevia julkaisuvaihtoehtoja, sillä Layar tarjoaa sekä maksullisia että maksuttomia julkaisuvaihtoehtoja.	Ei varsinaista erillistä julkaisutoimintoa. Aura tulee käyttäjien saataville, kun sen on liittänyt julkiseen kanavaan. Käyttäjän tulee itse oivaltaa luoda ja määritellä kanava julkiseksi.	Julkaisu tapahtuu sisällön luomisen viimeisessä vaiheessa ja on hieman paremmin hahmotettavissa erilliseksi julkaisuvaiheeksi kuin Aurasma Studiossa. Käyttäjälle ei kuitenkaan ole annettu kovin paljon tietoa siitä, kannattaako aura julkaista sellaisenaan vai liittää se kanavaan (<i>channel</i>).	Julkaisusta ei ole informoitu käyttäjää. Erittäin negatiivista on, että luotava world on heti tallennuksen jälkeen automaattisesti julkaistussa tilassa eikä draft-tilassa. Jos käyttäjä ei tätä oivalla, hän ei välttämättä edes huomaa koko asiaa ja keskeneräinen world on kaikkien näkyvissä.	Sovelluksessa on kerrottu käyttäjälle, että POL:ta luotaessa <i>submit</i> -painikkeen painamisen jälkeen sisällöt tulevat näkyviin junaio- ja Layar-selaimiin Birds View-kanavalle.

(jatkuu)

Liite 9. (jatkoa)

KRITEERI / SELAIN JA SISÄLLÖNTUONTANTO-OSA	Layar & Layar Creator	Aurasma & Aurasma Studio	Aurasma & selaimeen integroitu sisällöntuotanto-osa	Wikitude & Wikitude Publish Tool	junaio ja Layar & BirdsView AugmentedGallery
6. LUOTUIEN SISÄLTÖJEN JULKAISUN HELPPOUS					
c) Luotujen sisältöjen käytön opastus loppukäyttäjille	Layarilla on omia ohjeita runsaastikin saatavilla siitä, miten augmentoitujen sisältöjen olemassaolosta voi tiedottaa loppukäyttäjää. Loppukäyttäjien opastus on Layaria käytettäessä erittäin helppoa, sillä luotujen sisältöjen katselu ei vaadi muuta kuin Layar-selaimen asentamisen ja referenssikuvien skannaamisen.	Melko vaikeaa, koska käyttäjän täytyy hakea aura selaimen auravalikoimasta ja seurata sitä (<i>follow</i> -toiminto). Vaihtoehtoisesti voi lähettää linkin loppukäyttäjille ko. auraan, joka avaa ko. auran, jos käyttäjä on asentanut ennalta Aurasma-selaimen mobiililaitteeseensa.	Melko vaikeaa, koska käyttäjän täytyy hakea aura selaimen auravalikoimasta ja seurata sitä (<i>follow</i> -toiminto). Vaihtoehtoisesti voi lähettää linkin loppukäyttäjille ko. auraan, joka avaa ko. auran, jos käyttäjä on asentanut ennalta Aurasma-selaimen mobiililaitteeseensa. Tämä toiminto löytyy Aurasma-selaimesta eri kohdasta kuin aurojen luonti.	Melko helppoa: käyttäjän täytyy asentaa Wikitude-selain ja avata se sekä etsiä worldia sen nimellä tai sellaisesta kategoriasta, mihin se on liitetty.	Ei kovin vaikeaa, mutta vaatii osin tarkempaa ohjeistusta. Jos loppukäyttäjä käyttää sovellusta mobiililaitteella ja -sovelluksella, hänen täytyy asentaa ja avata Layar- tai junaio-selain ja hakea sieltä BirdsView-kanava. Jos sovellusta käytetään tavallisella WWW-selaimella, loppukäyttäjää ohjeistetaan menemään sovelluksen www-sivuille, jossa POI:t näkyvät karttakuvassa ja niihin lisätyn lisätiedon saa avattua POI:ta hiirellä klikkaamalla.
SISÄLLÖNTUOTANNON NOPEUS					
Kuvatunnistus- tai paikkatietosovelluksen luomiseen käytetty aika	10:17	15:14	7:02	15:00	BirdsView AugmentedGallery ei ole ollut käytössä ylläpitotoimenpiteiden vuoksi koko aikaa tätä vertailua tehtäessä, joten sisällön luomiseen kuluva aika ei ole saatavilla.

Liite 10. AR-selainten numeroarviointi

KRITEERI / SELAIN JA SISÄLLÖNTUOTANTO-OSA	Layar & Layar Creator	Aurasma & Aurasma Studio	Aurasma & selaimen integroitu sisällöntuotanto-osa	Wikitude & Wikitude Publish Tool	junaio & Layar + Birds View AugmentedGallery
1. AR-SELAIMEN MONIPUOLISUUS					
Arvosana monipuolisuudesta	1	1	1	1	1
2. LAITEVAATIMUKSET					
Arvosana laaja-alaisuudesta	1	1	1	2	1
3. SISÄLLÖNTUOTANTO-OSAN KÄYTÖN ALOITTAMISEN HELPPOUS					
a) Kuinka hyvin AR-selaimen WWW-sivuilla on tarjolla tietoa siitä miten sisällön tuottamisen pääsee aloittamaan?	1	1	1	0	0
b) Kuinka helppoa sisällöntuotannon aloittaminen (rekisteröityminen ja sisältöjen luonnissa alkuun pääseminen) on?	1	1	1	0	2
c) Ohjeiden olemassaolo ja saatavuus	1	1	1	0	1
d) Ohjeiden laatu	1	2	2	0	1
4. SISÄLLÖNTUOTANTO-OSAN HELPPOKÄYTTÖISYYS					
a) Sisällöntuotanto-osan käytön intuitiivisuus	1	2	2	1	1
b) Mitä muita sovelluksia ja osaamista sisällöntuotanto vaatii / saattaa vaatia?	1	1	2	0	1
c) Miten sisällöntuotanto-osa tarjoaa ohjeistusta koskien siihen tuotavia sisältöjä (esim. kuvilta vaaditut tiedostomuodot sekä koko)?	1	2	1	2	2
d) Sisällöntuotanto-osassa käytetyn terminologian tuttuus käyttäjälle	1	1	1	1	2
e) Käyttöohjeiden ja opasteiden käytönaikainen saatavuus	2	2	2	0	1
5. SISÄLLÖNTUOTANTO-OSAN TOIMIVUUS					
a) Sisällöntuotanto-osan vakaus ja tekninen toimivuus	2	2	1	2	2
b) Antaako sisällöntuotanto-osa palautetta käyttäjälle hänen toteuttamistaan toimenpiteistä ja sovelluksen tilasta?	1	2	1	1	2
c) Sisällöntuotanto-osan käyttöliittymän yksinkertaisuus	1	2	2	2	2

(jatkuu)

Liite 10. (jatkoa)

KRITEERI / SELAIN JA SISÄLLÖNTUOTANTO-OSA	Layar & Layar Creator	Aurasma & Aurasma Studio	Aurasma & selaimen integroitu sisällöntuotanto-osa	Wikitude & Wikitude Publish Tool	junaio & Layar + Birds View AugmentedGallery
5. SISÄLLÖNTUOTANTO-OSAN TOIMIVUUS					
d) Vaatiiko sisällöntuotanto-osan käyttöliittymä muistamista?	1	2	1	2	2
6. LUOTUJEN SISÄLTÖJEN JULKAISUN HELPPOUS					
a) Luotujen sisältöjen testauksen ohjeistus	1	1	1	0	1
b) Luotujen sisältöjen julkaisun ohjeistus	1	1	1	0	2
c) Luotujen sisältöjen käytön opastus loppukäyttäjille	2	1	1	2	1
SISÄLLÖNTUOTANNON NOPEUS					
Arvosana sisällöntuotannon	2	2	2	1	2
AR-SELAIMEN HELPPOKÄYTTÖISYYS (LOPPUKÄYTTÄJÄ)					
Arvosana helppokäyttöisyydestä	2	1	1	1	2
KOKONAISARVOSANA					
Yhteenlaskettu arvosana	25	29	26	18	29

Liite 11. Sanasto

Tähän sanastoon on koottu yhteen julkaisussa käytettävää teema-alueeseen liittyvää keskeistä sanastoa. Sanaston laatimisessa on hyödynnetty AVO2-hankkeessa toteutetun *Viisautta virtuaalimaailmoihin ja lisättyyn todellisuuteen* -wikikirjaan koottua sanastoa (http://fi.wikibooks.org/wiki/Viisautta_virtuaalimaailmoihin_ja_lisättyyn_todellisuuteen). Apuna sanaston laatimisessa on hyödynnetty myös Wikipediaa (<http://fi.wikipedia.org>).

Android — Googlen ensisijaisesti kosketusnäyttöisille mobiililaitteille kehittämä käyttöjärjestelmä

ARML (Augmented Reality Markup Language) — XML-merkkintäkieli lisätyn todellisuuden toteutusten esittämiseen ja niiden toiminnallisuuden toteuttamiseen. Open Geospatial Consortiumin kehittämä.

AR-selain — lisätyn todellisuuden selaimet ovat mobiililaitteisiin asennettavia sovelluksia, jotka voivat esittää käyttäjien niihin luomia augmentoituja sisältöjä. Selaimet ovat joko kuvantunnistus- tai paikkatietopohjaisia eli ne tunnistavat referenssikuvia tai GPS-koordinaatteja, joihin liitettyä sisältöä eli augmentointeja ne esittävät. Käyttäjät voivat myös luoda itse sisältöjä AR-selaimiin. Paljon käytettyjä AR-selaimia ovat esimerkiksi Layar, junaio, Aurasma ja Wikitude.

Augmentointi — tapahtuma (esimerkiksi 3D-mallin, videon tms. esittäminen), joka lisätyn todellisuuden sovelluksessa seuraa referenssikuvan tai paikan tunnistamisesta. AR-selainsovelluksissa saatetaan käyttää selaimesta toiseen vaihtelevaa terminologiaa augmentoinneista (mm. overlay).

Frame — kehys on yksittäinen kuva, joka piirretään tietokoneen näytölle.

Fysiikkamoottori — simuloi virtuaaliympäristöön fysiikan, joka usein vastaa reaali maailman fysiikkaa.

GPS (Global Positioning System) — Yhdysvaltain puolustusvoimien luoma satelliittinavigaatiojärjestelmä, joka tarjoaa paikka- ja aikaperusteista tietoa neljän tai useamman satelliitin sijainnin perusteella.

Grafiikkamoottori — vastuussa grafiikan piirtämisestä tietokoneen näytölle.

Gyroskooppi — suunnan mittaamiseen tai säilyttämiseen kehitetty laite, joka perustuu liikkeen säilymisen lakiin. Gyroskooppeja käytetään mm. osana mobiililaitteita, jolloin ne kertovat eri sovelluksille laitteen orientaation ja mahdollistavat siten muun muassa eri kulmista luotavien näkymien toteuttamisen suhteessa niiden avulla tarkasteltaviin kohteisiin.

iOS — Applen kehittämä käyttöjärjestelmä, mobiililaittepuolella käytössä iPhoneissa ja iPadeissa.

KML (Keyhole Markup Language) — XML-merkintäkieli, jolla voidaan esittää maantieteellinen sijainti Internet-karttasovelluksille. Alunperin kaupallisten toimijoiden kehittämä, vuodesta 2008 alkaen Open Geospatial Consortiumin standardoima kieli.

Lisätty todellisuus (engl. Augmented Reality, AR) — tietokoneen luoman näkymän tai virtuaalisten objektien yhdistämistä fyysiseen ympäristöön reaaliaikaisesti

Markkeri — lisätyn todellisuuden sovellusten tunnistamat kuviokoodit, joiden perusteella ne esittävät tietokoneen luomia objekteja reaali maailman objektien yhteydessä.

Maskaus (masking) — kuvankäsittelytekniikka, jossa kuvaa rajataan siten, että sen osia piilotetaan näkyvistä.

POI (Point Of Interest) — mielenkiintoinen paikka, joka merkitään kartalle ja voidaan tunnistaa koordinaattiansa perusteella erilaisissa paikkatietosovelluksissa.

Referenssikuva — seurantakuva, jonka tunnistamisesta lisätyn todellisuuden sovelluksessa määritellään augmentointi tapahtuvaksi (ks. Augmentointi). AR-selainsovelluksissa saatetaan käyttää selaimesta toiseen vaihtelevaa terminologiaa referenssikuvista (mm. trigger image).

Seuranta, trakkäys (engl. tracking) — tiedon sitominen ympäristöön: augmentoidun sisällön tarkka kohdentaminen esimerkiksi referenssikuvan tai koordinaattien kanssa. Seuranta aktivoituu, kun referenssikuva on tunnistettu ja sen kolmiulotteista sijaintia on alettu seuraamaan.

Sisältökokonaisuus — AR-selaimessa käytettävä nimitys selaimen luotavista sisällöistä, jotka toimivat omana kokonaisuutenaan ja ovat esimerkiksi muiden käyttäjien haettavissa niille annetun nimen perusteella (vrt. WWW-sivut perinteisessä webbiselaimessa). Esimerkiksi hotellien sijainnit esittävä sovellus on yksi sisältökokonaisuus, tai tietyn henkilön käyntikortista avautuva augmentointi voi olla yksi sisältökokonaisuus. Sisältökokonaisuuksia kutsutaan eri nimellä AR-selaimesta riippuen, esimerkiksi *layer*, *channel*, *world* tai *aura*.

Unity 3D — pitkälti rajoittamaton pelien kehitysympäristö, joka soveltuu kaikenlaisten 3D-sovellusten luomiseen.

QR-koodi (Quick Response Code) — kaksiulotteinen kuviokoodi

3D (engl. three-dimensional) — kolmiulotteinen

Mikä lisätyn todellisuuden selain on helppokäyttöisin? Entä minkälaisia eroja on teknistä osaamista vaativien lisätyn todellisuuden tuotantovälineiden toiminnassa?

Tampereen yliopiston informaatiotieteiden yksikkö sekä Koulutuskeskus Salpauksen kehitysyhtiö AduSal Oy ovat paneutuneet vuosina 2012–2013 Avoimuudesta voimaa oppimisverkostoihin (AVO2) -hankkeessa lisättyyn todellisuuteen ja sen hyödyntämiseen mm. oppimisen tukena. Osana hanketta toteutettiin kaksi erillistä lisätyn todellisuuden tuotantovälinevertailua, joiden tulokset on koottu tähän julkaisuun. Vertailujen tarkoitus on tarjota apua tuotantovälineen valintaan sekä sovelluskehittäjille että ei-teknisille sisällöntuottajille.

Mikko Liukkosen tutkimus tarjoaa teknisesti orientoituneille lisätyn todellisuuden kehittäjille tietoa lisätyn todellisuuden sovellusten toimivuuden tarkkuudesta markkerin tunnistamisen ja augmentoitavan sisällön kohdentamisen osalta. Vertailtavat sovellukset olivat Metaio SDK, In2AR ja Vuforia.

Joanna Kalalahti on vertaillut sisällöntuotannon helppoutta lisätyn todellisuuden selainsovelluksiin (Layar, Aurasma, Wikitude, junaio). Vertailun kohteena olivat erilaiset tavat tuottaa sisältöä lisätyn todellisuuden selainsovelluksiin ilman teknistä osaamista.

ISBN 978-951-44-9382-9 (verkkojulkaisu, pdf)



Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

Lappi